

МИНЕРАЛЫ
РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ
АРМЯНСКОЙ ССР

1



ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ՀԱՆՔԱՅԻՆ ՖՈՐՄԱՅԻԱՆԵՐԻ ՄԻՆԵՐԱԼՆԵՐԸ

ՀԱՏՈՐ

1

ԲՆԱԾԻՆ ՏԱՐՐԵՐ, ԿԱՐԲԻԴՆԵՐ, ԱՐՍԵՆԻԴՆԵՐ,
ՍՈՒԼՖԻԴՆԵՐ ԵՎ ՍՈՒԼՖՈԱՂԵՐ, ՏԵԼՈՒՐԻԴՆԵՐ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱ ՀՐԱՏԱՐԱԿԶՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆ

1984

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

549.106/

МИНЕРАЛЫ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

ТОМ

1

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, КАРБИДЫ, АРСЕНИДЫ, СУЛЬ-
ФИДЫ И СУЛЬФОСОЛИ, ТЕЛЛУРИДЫ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН АРМЯНСКОЙ ССР
ЕРЕВАН

1984



Печатается по решению ученого совета Института геологических наук АН Армянской ССР

Ответственный редактор академик АН АрмССР *И. Г. Магакян*, редактор канд. геол.-минер. наук *А. С. Фарамазян*.

Книгу рекомендовали к печати рецензенты: доктора геол.-минер. наук *Ю. Г. Старицкий* и *Т. В. Иваницкий*

Авторы: *И. Г. МАГАКЬЯН, Ш. О. АМИРЯН, Р. Н. ЗАРЬЯН, К. А. КАРАМЯН, А. И. КАРАПЕТЯН, В. О. ПАРОНИКЯН, Г. О. ПИДЖЯН, А. С. ФАРАМАЗЯН, Э. А. ХАЧАТУРЯН, Э. Х. ХУРШУДЯН, С. Б. АБОВЯН, А. А. КОДЖОЯН, Св. С. МКРТЧЯН*

М 617 Минералы рудных формаций Армянской ССР/И. Г. Магакян, Ш. О. Амирян, Р. Н. Зарьян и др; отв. ред. И. Г. Магакян. Т. I.—Ер.: Изд-во АН АрмССР, 1984. В надзаг.: АН АрмССР, Ин-т геол. наук. Т. I. Самородные элементы, карбиды, арсениды, сульфиды и сульфосоли, теллуриды. 1984, 306 с., рис.

В монографии детально описано более 100 минералов, многие из которых впервые установлены и описаны авторами в рудах Армянской ССР—самородные элементы, сульфиды, сульфосоли, теллуриды. По каждому минералу приводятся результаты минераграфических исследований, а также данные химических, спектральных и рентгеноструктурных анализов. Минералы охарактеризованы с точки зрения условий их образования, распространенности и практической ценности. Такое описание позволяет комплексно использовать руды и минералы не только в отношении главных металлов, но и весьма ценных примесей.

Книга рассчитана на геологов широкого профиля, минералогов, геохимиков, обогатителей, технологов-металлургов, экономистов, а также студентов вузов, геолого-географической и горной специальностей.

Настоящая коллективная работа предпринята с целью обобщения многолетних исследований минералого-геохимических особенностей руд Армянской ССР для наиболее полного и комплексного использования всех ценных компонентов. В первом томе приводится описание самородных элементов, карбидов, сульфидов, силифосолов и теллуридов. Во втором томе—галогениды, окислы простые, окислы сложные, гидроокислы, вольфраматы, молибдаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, карбонаты, сульфаты и силикаты.

В результате проведенных исследований выявлены характерные ассоциации минералов, их типоморфные признаки и условия образования, комплекс элементов-примесей, характерных для отдельных минералов, рудных формаций по стадиям минерализации и различным типам руд.

Детальные минералогические исследования наряду с концентрациями таких давно известных и дающих промышленные скопления минералов как халькопирит, молибденит, галенит, сфалерит, магнетит, гематит, самородное золото и др., позволили установить и описать многие более редкие минералы: теллура (алтаит, теллуrowисмутит, тетрадимит, мелонит, нагиагит, эмпрессит, самородный теллур, вейсцит, колорадоит, калаверит, креннерит, сильванит, петцит, гессит, риккардит, воынский), висмута (висмутин, галеновисмутит, купровисмутит, эмплектит, самородный висмут, арамайонит, матильдит, козалит, айкинит, виттихенит), германия (германит, реньерит), олова (самородное олово, касситерит, станнин), мышьяка (самородный мышьяк, реальгар, аурипигмент, арсенопирит, энаргит, люционит, теннантит), сурьмы (самородная сурьма, антимонит, тетраэдрит, кермезит), благородных металлов (самородное серебро, электрум, аргентит, штроемейерит, пираргирит, пирсеит, полибазит, стефанит, ялпаит, иридиастая платина), кадмия (гринокиит), а также арсениды никеля и кобальта, сульфосоли свинца и сурьмы, алабандин, киноварь, метациннабарит, алмаз и др.

Геохимическими исследованиями в рудах установлены примеси редких и рассеянных элементов: в рудах медно-молибденовой формации—Re, Se, Te, Au, Ag, иногда Ge, Cd; в рудах колчеданной формации—Se, Te, Au, Ag, иногда Ge, In, Cd; в рудах золоторудных формаций—Bi, Te, Ag, в рудах железорудных формаций—Ti, Y, редкие земли.

Выявление минералов и элементов-примесей во многих случаях значительно повышает ценность руд и обязывает комплексно использовать и извлекать все, представляющие промышленный интерес ценные компоненты.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Территория Армянской ССР и Малого Кавказа в целом представляет небольшой отрезок Средиземноморской складчатой зоны альпийского возраста и по особенностям минерализации является частью обширного Средиземноморского металлогенического пояса.

По многим особенностям минерализации Армения сходна с внутренней частью разновозрастного, также альпийского, Тихоокеанского пояса (Камчатка, Япония, Филиппины, Чили, Перу, Мексика, западные штаты США), а если не учитывать геологический возраст оруденения—также с более древним Уралом. Недаром Армении и Малый Кавказ по типам минерализации, его разнообразию и богатству рудами называют маленьким Уралом.

В основу геологического и минерагенического районирования территории Армянской ССР положено выделение трех поясов общекавказского простираия: Алаверди-Кафанского, Памбак-Зангезурского и Севано-Амасийского, характеризующихся различной историей геологического развития и своей спецификой минерализации (рис. 1).

Алаверди-Кафанский пояс характеризуется широким развитием мощных осадочно-вулканогенных толщ юрского и эоценового, частью мелового возраста. Эти толщи слагают пологие складки и подстилаются интенсивно дислоцированным и метаморфизованным комплексом нижнего палеозоя-докембрия.

В этой зоне геосинклинальный режим с накоплением мощных осадочно-вулканогенных толщ проявился особенно интенсивно в средне-верхнеюрский период и, локально, в верхнем мелу-эоцене.

Интенсивные складчатые движения сопровождались внедрением гранитоидных интрузий позднеюрского-раннемелового и эоценового возраста. В пределах зоны выделяются четыре цикла магматизма и эндогенной минерализации, которые развивались в следующей последовательности:

1. Юрский цикл малых близповерхностных интрузий альбитофиров и кварцевых порфиров, тесно связанных с вулканогенами средней-поздней юры; пространственно и генетически (в смысле общности глубинного очага) с этими малыми интрузиями связаны колчеданные—медные и полиметаллические с баритом место-

рождения Алавердского, Шамшадинского и Кафанского рудных районов.

2. Предсеноманский цикл гипабиссальных интрузивов гранодиоритов-кварцевых диоритов, с которыми связаны скарновые месторождения железных руд и небольшие гидротермальные месторождения полиметаллических, медно-молибденовых и баритовых руд Кохбского и Цавского рудных районов.

3. Верхнемеловой-эоценовый цикл эффузивных и экструзивных порфиритов с небольшими эпигенетическими месторождениями марганцевых руд и агата в Иджеванском и других районах республики;

4. Средне-позднеэоценовый цикл гранодиоритов и интрузивных дацитов с гидротермальными полиметаллическими и телетермальными свинцово-цинковыми месторождениями южной части Алавердского рудного района.

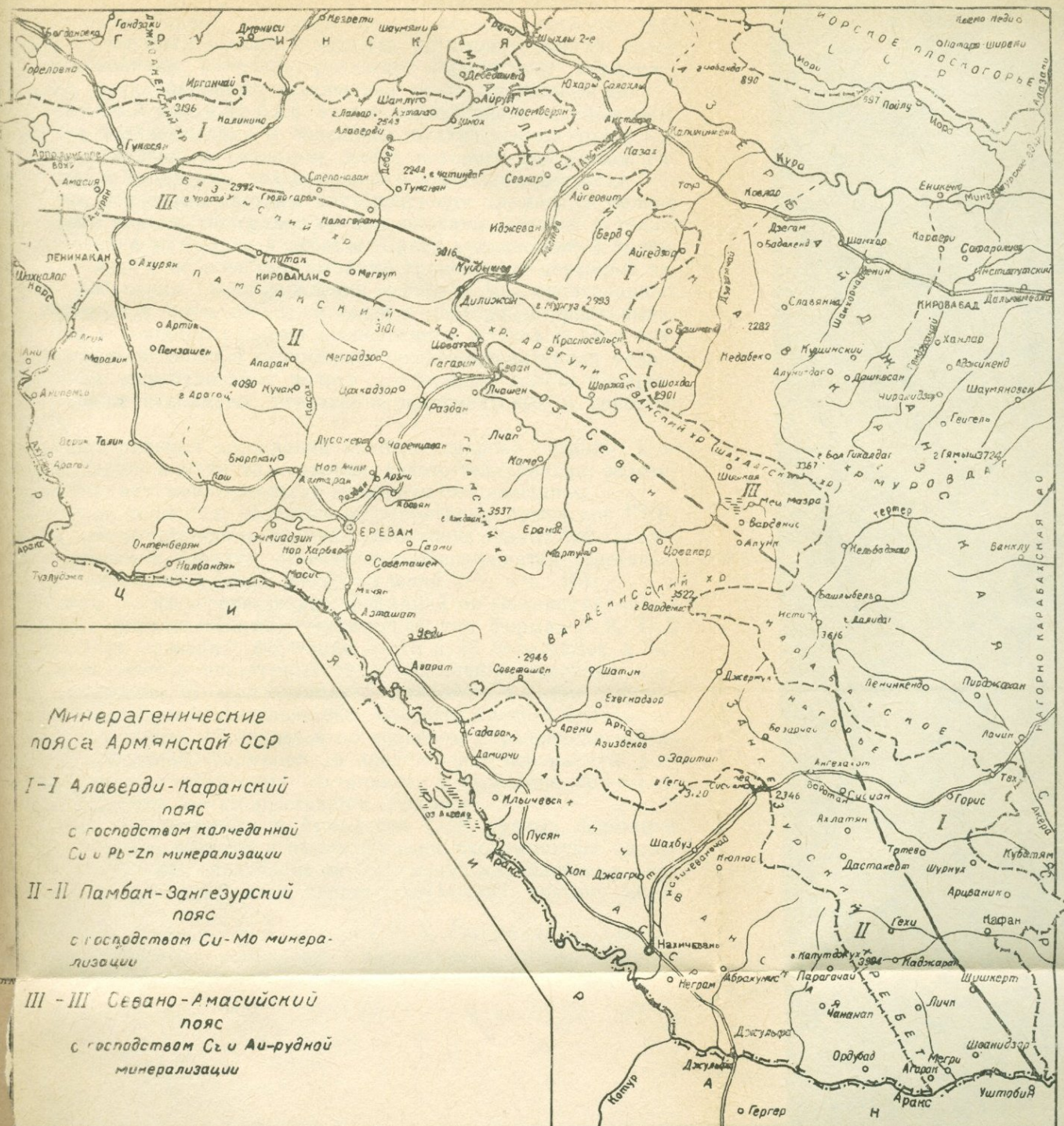
Таким образом, для Алаверди-Кафанской зоны в целом наиболее характерно колчеданное медное и полиметаллическое оруденение при второстепенной роли железорудного, медно-молибденового, марганцевого и баритового оруденения.

Из минеральных ассоциаций для колчеданной рудной формации кроме главных минералов—пирита и халькопирита—развиты также борнит, энаргит, сфалерит, галенит, блеклые руды и более редкие—минералы серебра и золота, висмута, теллуриды, станнын, германит, реньерит и др.; для руд медно-молибденовой формации характерны халькопирит, молибденит и пирит, для железорудной скарновой формации—магнетит, гематит, гранаты, для марганцевой—пиролюзит, псиломелан, манганит, браунит и др.

Памбак-Зангезурский пояс характеризуется широким развитием мощных вулканогенных толщ эоценового и более молодого, вплоть до четвертичного возраста, и большой ролью гранитоидных и щелочных интрузий эоценового-миоценового возраста и более молодых экструзий андезито-дацитов плиоценового возраста.

Наиболее типично развитие руд медно-молибденовой формации, менее развиты руды полиметаллической формации, железорудные (скарновая магнетитовая и гидротермальная апатит-магнетитовая) формации, титаномagnetитовая, марганцевая, а также сурьмяно-полиметаллическая, киноварная, реальгар-аурипигментовая. С щелочными интрузивами связаны небольшие проявления флюорита и карбонатитовых руд.

Из минеральных ассоциаций наиболее распространена и имеет большое экономическое значение халькопирит-молибденитовая; к главным минералам—халькопириту и молибдениту—примешиваются: пирит, магнетит, сфалерит, галенит, энаргит, люцит, люцит,



МАСШТАБ 1:1 500 000
КМ. 15 0 15 30 45 КМ

блеклые руды, борнит, минералы золота, серебра, висмута, теллуриды, сульфосоли свинца и сурьмы, антимонит, иногда более редкие алабандин, киноварь, реальгар, аурипигмент, германит, реньерит, метациннабарит, самородная ртуть, станнын и др.

Севано-Амассийская зона характеризуется мощным развитием позднемеловых и эоценовых вулканогенных толщ, нарушенных глубинным разломом, вдоль которого внедрялись гипербазиты и габброиды позднемелового-эоценового возраста.

С гипербазитами связаны месторождения хромита и мелкие проявления никеля, минералов группы платины, алмаза, а также месторождения магнезита и асбеста. Среди вулканогенной толщи эоцена в связи с небольшими штоками гранодиорит-порфиров известны небольшие месторождения серно- и медноколчеданных руд. Позднее, в миоплиоцене, в связи с повторным приоткрыванием шва глубинного разлома и внедрением штоков и даек гранит-порфиров и дацитов развивается низкотемпературная гидротермальная минерализация золото-сульфидных, золото-теллуридных, а также сурьмяных, реальгар-аурипигментовых и киноварных руд.

Из минеральных ассоциаций наиболее широко развиты: хромитовая, серно- и медноколчеданная, золото-теллуридная, золото-сульфидная, антимонит-реальгар-аурипигмент-киноварная.

Отмечая типы руд, развитых на территории Армянской ССР, в целом можно установить наличие следующих рудных формаций*, перечисленных в порядке, отвечающем общепринятой генетической классификации рудных месторождений (см. стр. 10):

Первые две из перечисленных формаций по генезису являются собственно магматическими, генетический тип формаций 3, 4, 5 отражен в их названии; формации 6—16 и 18 образуются в высоко-средне-низкотемпературных гидротермальных условиях, частично (формация 12—колчеданная), возможно в связи с фумарольно-сульфатарной деятельностью, сопровождающей вулканизм. Наконец, формация 17 является по условиям образования эксталяционно-осадочной, формация 19 представляет ископаемую россыпь магнетит-ильменитовых песчаников, а формация 20—железистые кварциты метаморфогенного генезиса.

Среди установленных в Армянской ССР рудных формаций наиболее широко развиты и имеют большое экономическое значение для республики следующие четыре: медно-молибденовая, колчеданная, золото-сульфидная, золото-теллуридная; поэтому мине-

* Под рудной формацией, в согласии с С. С. Смирновым, мы понимаем минеральную ассоциацию, образованную в определенных геологических условиях, имеющую выдержанный минеральный состав и экономическую ценность.

Рудная формация	Типичные месторождения
1. Хромитовая	Шоржа, Джил и др.
2. Титаномагнетитовая	Сваранц (Арамазд), Камакар
3. Карбонатитовая	Небольшие проявления
4. Пегматитовая	Калер, Мюльк
5. Скарновая магнетитовая	Раздан, Базум, Цакери-дош
6. Апатит-магнетитовая	Абовян (Капутан)
7. Медно-турмалиновая	Мец-дзор
8. Медно-молибденовая	Каджаран, Агарак и др.
9. Полиметаллическая	Газма, Гюмушхана и др.
10. Золото-сульфидная	Тей-Личкваз, Арманис, Азатек и др.
11. Золото-теллуридная	Зод
12. Колчеданная	Алаверди, Шамлуг, Кафан и др.
13. Свинцово-цинковая	Мовсес
14. Антимонитовая	Амасия
15. Киноварная	Сариландж
16. Реальгар-аурипигментовая	Сальварт
17. Марганцевая (экстагационно осадочная)	Севкар-Саригюх и др.
18. Баритовая	Уч-Килиса
19. Магнетит-ильменитовая (ископаемых россыпей)	Агарцин
20. Железистых кварцитов	Меградзор

ральный состав и отдельные минералы этих формаций описываются более детально.

Определенное экономическое значение имеют также хромитовая, титаномагнетитовая, скарновая магнетитовая, апатит-магнетитовая, полиметаллическая рудные формации.

ОПИСАНИЕ МИНЕРАЛОВ

Общая классификация неорганических минералов в схеме может быть представлена (без дробного деления на группы) в следующем виде (по справочнику «Минералы», 1960):

Раздел I. Самородные элементы.

Раздел II. Карбиды, нитриды и фосфиды.

Раздел III. Арсениды, антимониды, висмутиды.

Раздел IV. Сульфиды, сульфосоли и им подобные соединения.

1 класс. Простые

2 класс. Сложные.

Раздел V. Селениды, теллуриды.

Раздел VI. Галоидные соединения (галогениды)

1 класс. Фториды.

2 класс. Хлориды, бромиды и иодиды.

Раздел VII. Окислы (оксиды).

1 класс. Простые и сложные окислы.

2 класс. Окислы, содержащие гидроксил.

Раздел VIII. Остальные кислородные соединения.

Раздел IX. Силикаты.

В последовательности, отвечающей этой схеме, ниже приводится описание минералов, установленных в рудных формациях Армянской ССР.

По каждому минералу указаны: название, формула, местонахождение, история исследования, распространенность, характеристика кристаллов и минеральных агрегатов, физические и оптические свойства, минераграфическая характеристика, химизм, данные рентгенометрии, происхождение, практическое значение.

Все эти данные приводятся применительно к рудам Армянской ССР по состоянию на конец 1980 года.

Раздел I САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

1. *Группа меди*
Медь Cu
Серебро Ag
Золото Au
Электрум (Au, Ag)
2. *Группа свинца*
Свинец Pb
3. *Группа железа-платины*
Железо Fe
Аваруит Ni_2Fe
Платина иридиевая Pt, Ir
4. *Группа олова*
Олово Sn
5. *Группа ртути*
Ртуть Hg
6. *Группа мышьяка*
Мышьяк As
Сурьма Sb
Висмут Bi
7. *Группа серы и теллура*
 α -сера S
Теллур Te
8. *Группа алмаза*
Алмаз C

САМОРОДНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

ГРУППА МЕДИ

Медь самородная—Cu. Химически чистая. Иногда содержит примеси Fe, Au, Ag, Bi, Pb, Sb и др. Богатые золотом (до 2—3%) в виде твердого раствора разности носят название золотистой меди.

Сингония кубическая. Блеск металлический, цвет медно-красный, часто с побежалостью. Прекрасный проводник электричества.

В отраженном свете цвет медно-розовый. Отражательная способность очень высокая—83% (для оранжевых лучей). Изотропна. Твердость низкая—2,5—3. От HNO_3 , KCN, HCl, FeCl_3 , KOH, HgCl_2 в основном растворяется и быстро чернеет.

Является редко встречающимся в Армянской ССР минералом зоны окисления медно-молибденовых (Каджаран, Дастакерт, Анкаван, Агарак и др.), медноколчеданных (Кафан, Шамлуг, Алаверди, Алвард) и золоторудных (Зод, Меградзор, Амзачиман и др.) месторождений.

На указанных месторождениях самородная гипергенная медь установлена в виде мельчайших зернышек неправильной формы, дендритов (рис. 2), тончайших прожилков в халькозине, борните, ковеллине, куприте, лимоните, реже тенорите, азурите и малахите. Размер этих дендритов доходит до 0,5 см. Выделения дендритов самородной меди встречаются в тонких трещинках и среди вмещающих гидротермально измененных пород. Известны псевдоморфозы самородной меди по куприту, халькозину и органическим остаткам (по обломкам древесины).

Небольшое самостоятельное проявление самородной меди известно у сс. Ахавнадзор и Фарух, где вкрапленники самородной меди рассеяны среди эпидозитов, возникших за счет туфо-порфиров эоценового возраста.

Выделения самородной меди размером до 1—2 мм в поперечнике нередко окружены здесь халькозином и медной зеленью.



Рис. 2. Дендриты самородной меди. Месторождение Каджаран, фото, увел. 3, по К. А. Карамяну.

В образцах с более густой вкрапленностью самородной меди содержание Cu в штуфах достигает 1%.

Проявление изучено слабо, гипогенное, предположительно, происхождение самородной меди ставится под сомнение.

Практического значения самородная медь в республике не имеет.

Серебро самородное— Ag , кубическая сингония.

С золотом может образовывать твердый раствор, другие обычные примеси— Hg , Bi , Sb , Cu , As . В рудах Армянской ССР самородное серебро встречается редко. Установлено в Шамлугском (рис. 3) (И. Г. Магакян, 1947), Зодском (Ш. О. Амирян, 1960,

1974), Гюмушханском (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян), Газминском (А. Г. Акопян), Ахтальском и Каялинском (В. О. Пароникян, 1962), Аткизском (Р. Н. Зарьян, 1963), Дастакертском (А. И. Карапетян, Г. О. Пиджян), Меградзорском (Ш. О. Амирян, А. И. Карапетян, 1964), Агараком, Анкаванском, Каджаранском и Джиндаринском (Г. О. Пиджян, 1975) месторождениях. Ассоциации руд, в которых присутствует самородное серебро, самые разнообразные и включают как ранние и относительно высокотемпературные—пиритовый, пирит-халькопиритовый, пирит-халькопи-



Рис. 3. Выделение самородного серебра (Ag) в трещинке блеклой руды (Td), которая по краям замещается штромейеритом (Str). Вмещающая масса—барит (Ba). Месторождение Ахтала. Аншлиф, х200, по В. О. Пароникяну.

рит-молибденитовый, так и более поздние и низкотемпературные—полиметаллический, борнит-теннантитовый, золото-теллуридовый парагенезисы. В большинстве случаев установленные частицы самородного серебра имеют гипогенное происхождение, выделения его приурочены к концу гидротермального процесса, замещая почти все самородные и теллуровые минералы. Наличие гипергенного серебра, возникшего за счет разложения теллуридов Ag и Au, отмечается в рудах Зодского месторождения (Ш. О. Амирян, 1974).

В рудах вышеупомянутых месторождений самородное серебро представлено обычно в виде мельчайших выделений размером,

в тысячные и сотые доли миллиметра, округлых, оваловидных, реже пластинчатых и дендритовидных форм. Обнаружены они в халькопирите, сфалерите, галените, борните, энаргите, блеклых рудах, сульфовисмутитах, сульфоантимонитах, сульфоарсенитах свинца и меди, а также в различных теллуридах. Наиболее крупные выделения этого минерала установлены в низкотемпературных борнитовых рудах Ахтальского месторождения (размером до 0,5 мм в поперечных сечениях) в тесной ассоциации со штромейритом, электрумом, стефанитом, акантитом, борнитом и теннантитом.

Серебро полируется плохо, всегда содержит тонкие царапины. Микротвердость Ахтальского самородного серебра варьирует в пределах 41—52 кгс/мм² и по трем измерениям в среднем составляет 46 кгс/мм². Несмотря на низкую твердость, относительный рельеф минерала выше, чем у галенита, однако значительно ниже, чем у сфалерита и блеклой руды.

В отраженном свете цветной оттенок самородного серебра в зависимости от содержания примесей (в особенности золота) меняется от светло-белого до кремово-белого и желтовато-кремово-белого. Отражательная способность очень высокая, по визуальной оценке немного выше, чем у самородного золота и электрума. Изотропен. От золота и электрума отличается травлением HNO_3 (поверхность серебра становится шероховатой и покрывается бурым налетом).

Хорошо отличается самородное серебро от самородного золота при наблюдении в синем свете (с густо-синим светофильтром) по дисперсии отражательной способности в сравнении с эталонами, в качестве которых можно использовать пирит, арсенопирит или галенит; серебро в синем свете светлее эталонов, а золото заметно темнее этих эталонов.

В борнитовых рудах Ахтальского месторождения серебро тесно ассоциирует с электрумом, который замещает борнит, теннантит, а также сульфидные минералы серебра. В крупных выделениях часто отмечается постепенный переход электрума, который слагает обычно центральные части агрегатов, к серебру—на пограничных участках зерен. В этих выделениях наблюдается отчетливое изменение физико-оптических свойств по указанным направлениям; цвет меняется от светло-желтого к кремово-белому, возрастает отражательная способность и уменьшается микротвердость. Отражательная способность Ахтальского электрума по трем измерениям для оранжевых лучей в среднем составляет 81%. Несколько заниженное значение R обусловлено, очевидно, наличием в полях минерала многочисленных царапин. Микротвердость электрума при этом значительно выше, чем у самородного

серебра: по шести измерениям варьирует в пределах 57—72 кгс/мм² и в среднем составляет 62 кгс/мм². В отличие от серебра стандартная HNO₃ на электрум не действует.

Самородное серебро из Зодского месторождения подтверждается рентгенометрическими исследованиями (табл. 1).

Таблица 1

Межплоскостные расстояния самородного серебра
из Зодского месторождения*

I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$
5	(2,570)	2,330	10	1,435	1,301
10ш	2,313	2,098	5	(1,344)	1,218
2	(2,214)	2,007	10	1,220	1,106
1	2,101	1,905	7	1,168	1,058
9	2,014	1,825	4	1,023	0,927
2	(1,571)	1,424	3—4	1,011	0,916
			3	0,997	0,904

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70. Fe_α—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 9 ч.

Как следует из вышеописанного, практическое значение самородного серебра для руд Армянской ССР резко ограничено. Специальными исследованиями (В. О. Пароникян, 1967) установлено, что добываемое из медно-молибденовых, медноколчеданных и полиметаллических руд серебро в основном изоморфно связано с сульфидными минералами—халькопиритом, борнитом, блеклой рудой, галенитом, сульфоантимонитами свинца и меди и др.

В природных процессах самородное серебро образуется как в гипогенных, так и гипергенных (в особенности в зоне вторичного сульфидного обогащения) условиях.

В гипергенных условиях самородное серебро образуется за счет окисления и переотложения в восстановительных условиях как бедных, так и богатых серебром медных и полиметаллических руд. Серебро в этом случае образует дендритовидные, тонкопластинчатые, а также тонкодисперсные выделения среди халькозина (рис. 4).

Практическое значение самородное серебро приобретает в комплексе с другими минералами серебра, установленными в рудах.

Золото самородное—Au, кубическая сингония. Длина ребра

элементарной ячейки $a_0 = 4,070 \text{ \AA}$. Редко встречается в форме кристаллов (001), (011), (111).

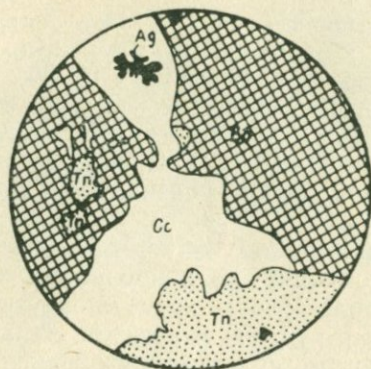


Рис. 4. Дендрит самородного серебра (Ag) среди халькозина (Cc); теннантит (Tn) и борнит (Bo). Месторождение Шамлуг, Аншлиф, ув. 800. Зарисовка, по И. Г. Магакьяну.

Спайность отсутствует. Имеет сильный металлический блеск, ковкое. Твердость—2,5—3, микротвердость: 69,1 кгс/мм² (Зод), 65,8 и 73,4 кгс/мм² (Азатек). Под бинокулярным микроскопом и макроскопически характеризуется различными оттенками цвета—золотисто-желтого, красновато-желтого, зеленовато-желтого. Окраска в полированных шлифах золотисто-желтая, в богатых серебром разностях—светло-желтая.

Отражательная способность высокая, коэффициент отражения для красной части спектра составляет 86%. В синем свете R золота (R=34—37%) ниже, чем галенита и этим оно отличается от самородного серебра. Изотропный, но в скрещенных николях имеет характерный голубовато-зеленый цвет, при этом выявляются царапины. Золото травится: от KCN—почернение с образованием шероховатой поверхности, от царской водки тускнеет, ртуть образует белую амальгаму. Положительные эффекты структурного травления получаются от царской водки, смеси CrO_3 и HCl , царской водки и CrO_3 , KCN и CaF_2 . Результаты рентгенометрических исследований самородного золота приведены в табл. 3.

Самородное золото установлено во всех типах сульфидных руд Армянской ССР: золото-сульфидных (Зод, Тей, Личквас, Арманис, Гегарчин и др.; Ш. О. Амирян, 1960, 1963, 1966, 1968).



1971, 1973, 1974), золото-теллуридов (Зод, Меградзор, Анкаван и др.; Ш. О. Амирян, Г. О. Пиджян, А. И. Карапетян, 1964; А. И. Карапетян, 1961), золото-шеелитовых (Гамзачиман: Ш. О. Амирян, 1966), серноколчеданных (Тандзут, Чибухлы), медноколчеданных (Кафан, Алаверди, Анкадзор, Шамлуг и др.; И. Г. Магакьян, 1947), сурьмяно-полиметаллических (Азатек, Софи-бина; Ш. О. Амирян, А. Г. Акопян, 1963), полиметаллических (Шаумян, Ахтала, Газма и др., Э. А. Хачатурян, 1954; В. О. Пароникян, 1962, 1967), медно-молибденовых (Каджаран, Агарак, Анкаван и др., Г. О. Пиджян, 1975, А. С. Фарамазян, 1958) и в россыпях (Агстев, Мармарик, Сот).

В различных формациях и типах руд золото образует самые разнообразные ассоциации, но наиболее тесно оно ассоциирует с теллуридами серебра, золота, висмута, ртути, свинца, никеля, с галенитом, блеклыми рудами, энаргитом, халькопиритом, пиритом (рис. 5), арсенопиритом, сульфосолями свинца и сурьмы, висмута, серебра, меди и мышьяка, а также с кварцем (рис. 6), кальцитом, родохрозитом, анкеритом, сидеритом, лимонитом (рис. 7) и другими минералами.



Рис. 5. Кристалл пирита (Py) окаймлен самородным золотом (Au); здесь же галенит (Ga) и сфалерит (Sl). Месторождение Тей, Аншлиф, $\times 100$, по Ш. О. Амиряну.



Рис. 6. Самородное золото (Au) среди кварца и других нерудных минералов. Аншлиф, х60, месторождение Зод, по Ш. О. Амрияну.

Широким распространением золото пользуется в золото-теллурических, золото-арсенопиритовых, золото-сульфосолевых и золото-полиметаллических (полисульфидных) типах руд. Как в перечисленных, так и в других типах руд самородное золото осаждалось из растворов после главных минералов. Оно развивается по трещинкам, контактам зерен и агрегатов жильных и рудных минералов, в друзовых пустотках кварца и карбоната, нередко образует прожилочки длиной 1,5—5 см. Однако на некоторых месторождениях, кроме позднего золота, отмечается раннее золото, которое образовалось одновременно с ассоциирующими сульфидами. Выделения такого золота характеризуются изометрическими—округлыми, каплевидными, шаровидными формами и тонкодисперсностью.

На Зодском месторождении, в одной и той же ассоциации (золото-пирит-арсенопиритовой) отмечается раннее и позднее золото. Раннее золото в виде мельчайших округлых, овальных включений находится в арсенопирите, пирите, пирротине, сфалерите, а позднее золото в виде прожилков пересекает агрегаты и зерна всех сульфидов и теллуридов. Нередко позднее золото отлагается вокруг раннего золота и отличается от него цветным оттенком, повышенной пробностью, мелкозернистым агрегатным строением.



Рис. 7. Кайма самородного золота (Au) вокруг лимонита (lim) и по трещинке в нем. Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$, по Ш. О. Амиряну.

Кроме гипогенного золота на Зодском и Меградзорском месторождениях отмечается также гипергенное золото, образовавшееся в результате разложения теллуридов. Гипергенное золото имеет тонкозернистое строение. В агрегатах такого золота участвуют многочисленные зерна округлой формы. Цвет гипергенного золота тусклый, без сильного блеска. Оно наблюдается в трещинах усыхания лимонита и вокруг выделений золота гипогенного происхождения, от которого отличается отражательной способностью, цветом, более высокой пробыностью и структурой.

В более крупных выделениях золота нередко содержатся включения сульфидов, арсенидов (рис. 8), теллуридов и кварца, которыми обусловлены примеси железа, сурьмы, мышьяка, свинца, теллура и других элементов (табл. 2).

Самородное золото представлено в виде изометрично-зернистых, пластинчатых, скелетообразных, амёбовидных, губчатых, дендритообразных, палочковидных агрегатов (рис. 9, 10). Нередко образует мелкие несовершенные кристаллические формы (рис. 11); форма выделений золота главным образом обусловлена структурными условиями его отложения, а также физико-хими-

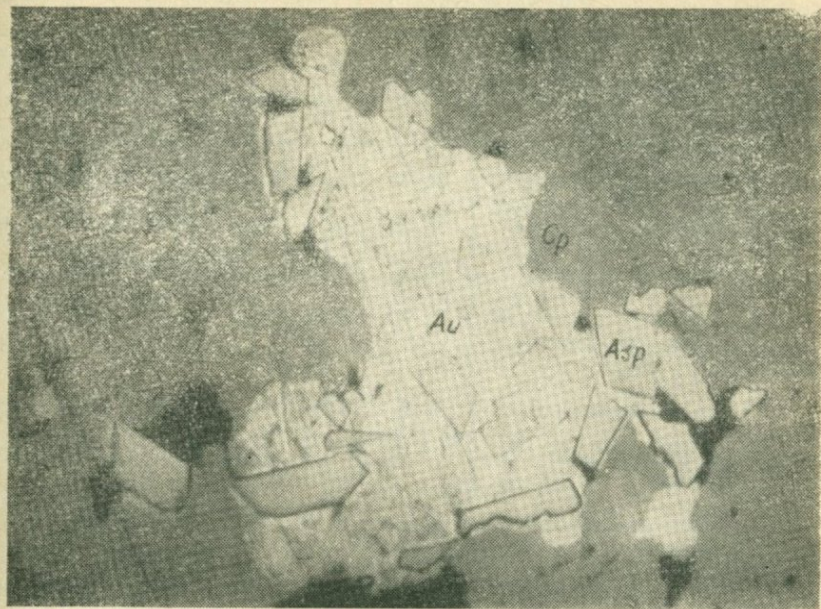


Рис. 8. Самородное золото (Au) с включениями эвгдральных кристаллов арсенопирита (Asp); общее поле—халькопирит (Sp). Месторождение Тей. Аншлиф, х42, по Ш. О. Амირяну.

ческими и механическими свойствами включающих минералов. Прожилковые формы золота чаще всего встречаются в пирите, сфалерите и арсенопирите.

Размер золотинок колеблется в широких пределах—до 0,3 см и более для изометрических, 0,5 см в длину для удлинённых и 1—1,5 кв. см для листоватых, пластинчатых. Преобладает тонкодисперсное золото (60—80%).

Самородное золото установлено в пирите, арсенопирите, сфалерите, галените, гессите, теллуросмугите, алтаите, полидимите, пиротине, халькопирите, герсдорфите и многих других минералах. Особо следует отметить срастание золота с теллуридами—гесситом, петцитом, сиванитом и другими. Гессит и петцит обычно сопровождаются тонкими прожилками золота.

Самородное золото характеризуется высокой пробыностью (см. табл. 2) : 780—870 для Тейского, 840—953—для Зодского, Гамзачиманского, Гегарчинского месторождений, 825—950—Мердзорского и 720—960 для россыпного золота. Среди золоторуд-

Место-рождения	Ассоциации минералов	Содержание					
		Au	Ag	Fe	Cu	Sb	As
Зод	Золото-теллуровая	84,14	14,85	0,024	0,01	0,005	0,004
	Золото-сульфидная	93,03	6,13	0,26	0,005	0,005	0,009
	Вторичное золото	95,3	5,00	0,051	0,005	0,005	0,001
	Золото-теллуровая и золото-сульфидная вместе	93,22	5,07	0,18	0,43	—	0,01
	Золото-сульфидная	92,7	6,95	0,30	0,003	0,007	0,01
Гегарчин	Золото-сульфоантимонитовая	83,04	15,58	0,03	0,14	0,015	0,06
	Золото-теллуровая и золото-сульфидная	91,31	6,79	0,13	0,003	0,06	0,006
Меградзор	Золото-теллуровая	82,5—85,0	5,6	0,02	0,003	0,001	0,001
	Золото-сульфидная	92,5—95,0	—	—	—	—	—
Тей	Золото-полиметаллическая	87,0	4,0	0,2	0,06	—	0,1
	Золото-арсенопиритовая	78,0					

ных месторождений низкой пробностью характеризуется золото из Арманисского месторождения, которое по микроскопическим наблюдениям и золото-серебряному отношению приближается к электруму с пробой 700—750.

Золото из различных ассоциаций минералов характеризуется различной пробностью. На Зодском месторождении самая высокая пробность у гипергенного золота—953, несколько ниже проба золота из арсенопиритовых и полисульфидных руд—930, еще ниже пробность у золота из золото-теллуровой ассоциации—840. На Азатекском месторождении золото из полиметаллической ассоциации более высокопробное (927), чем из сульфоантимонитовой (830). На Тейском месторождении более высокой пробой характе-

элементов в %								Аналитик и автор
Ni	Bi	Te	Se	Zn	Pb	H.O.	Σ	
—	0,007	0,01	0,002	—	—	0,52	99,572	Ф. А. Ферьянчик (Ш. О. Амирян)
—	0,005	0,03	0,003	—	—	0,58	100,57	—
—	0,005	0,02	—	—	—	0,26	100,677	—
0,1	—	0,025	0,004	—	0,15	1,13	100,229	Ф. А. Ферьянчик (Н. Н. Тагунова)
—	0,002	—	—	0,008	0,005	0,30	100,312	Ф. А. Ферьянчик (Ш. О. Амирян и А. Г. Акопян)
—	0,007	—	—	—	0,001	1,13	99,003	
—	—	0,03	0,039	—	—	2,30	100,668	Ф. А. Ферьянчик (Ш. О. Амирян)
—	0,001	0,02	0,003	0,003	0,001	—	—	(П. С. Бернштейн и др.)
—	—	—	—	—	—	—	—	
—	0,001	—	—	0,02	0,002	—	—	
								Л. А. Николаева (Ш. О. Амирян)

ризуется золото из полисульфидных руд (870), а из арсенопиритовой (низкотемпературной) ассоциации оно более низкой пробы (780). В полисульфидных рудах Меградзорского месторождения проба золота составляет 913—950, а в золото-теллуриновых—825—850. Как видно, по мере понижения температуры минералообразования проба золота понижается. В ранних, более высокотемпературных ассоциациях минералов, по сравнению с поздними, золото характеризуется сравнительно более высокой пробой.

Основной примесью в золоте, определяющей пробность золота, является серебро, концентрация которого повышается в рудах и минералах более поздних стадий минерализации. В тех ассоциациях, где самородное золото характеризуется низкой пробой, совместно с золотом встречаются самородное серебро и другие



Рис. 9. Дендриты самородного золота. Месторождение Зод.
Фото, ув. 16, по Ш. О. Амиряну.

Межплоскостные расстояния самородного золота*

Таблица 3

№№ линий	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	№№ линий	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	№№ линий	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$
1	1	3,31	3,00	4	7	3,00	1,82	7	3	(1,346)	1,221
2	2	(2,56)	2,32	5	2	(1,573)	1,426	8	10ш	1,229	(1,114)
3	9	2,32	(2,10)	6	9	1,431	(1,297)	9	8ш	1,778	1,068

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Н. В. Ревазовой. Условия съемки: УРС—70, Fe —излучение. D—57,3; резиновый шарик, эксп. 5 ч.

его минералы или же сопутствующие золоту минералы характеризуются высокой и повышенной концентрацией серебра.

Установлено, что степень срастания золота с рудными и жильными минералами на различных месторождениях различна и варьирует в широких пределах. При этом свободное золото составляет

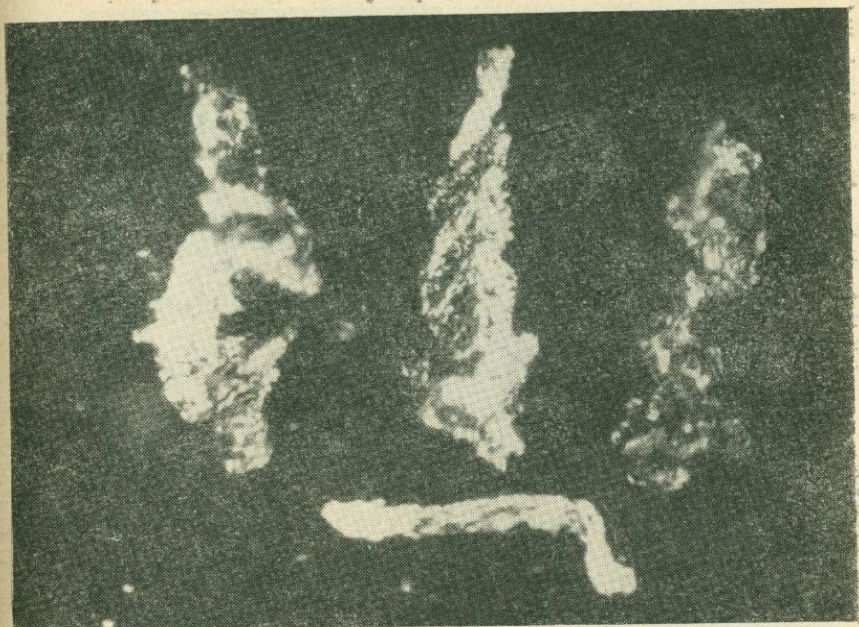


Рис. 10. Неправильной формы удлиненные выделения самородного золота. Месторождение Меградзор. Фото, ув. 16, по Ш. О. Амиряну.

11,5—27,5%, золото в сростках—от 48,5 до 83,5%, в сульфидах—от 5 до 79,3%.

Золото в рудах многих месторождений АрмССР представляет промышленный интерес.

Электрум—(Au, Ag), кубическая сингония. Это разновидность самородного золота, которая содержит 30—45% серебра. Твердые растворы с содержанием 80% серебра называются «кюстелитом».

Цвет минерала почти чисто-белый, светло-желтый; в зависимости от содержания серебра цвет меняется между белым и золотисто-желтым. Твердость 2,5—3, микротвердость 57—88 кгс/мм², для электрума из Азатекского месторождения она составляет 57—72 кгс/мм². Твердость и микротвердость повышается в зависимости от содержания серебра. Ковкий, характеризуется хорошей электропроводностью.

В отраженном свете светло-желтый. Коэффициент отражения составляет 80—81%. Двухотражение отсутствует, изотропный. Спайность отсутствует, однако полированная поверхность характеризуется многочисленными царапинами.

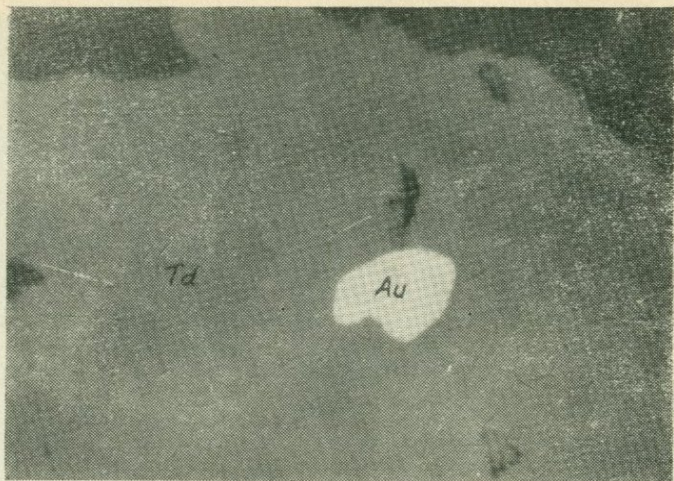


Рис. 11. Метакристалл самородного золота (Au) среди блеклой руды (Td). Месторождение Тей-Личквас. Аншлиф, х210, по Ш. О. Амиряну.

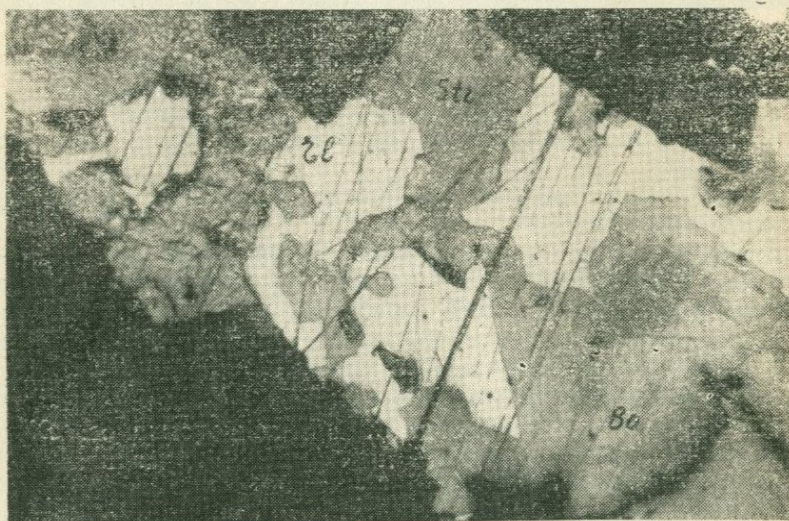


Рис. 12. Электрум (El) и штрмейерит (Str) замешают борнит (Bo). Месторождение Ахтала. Аншлиф, х75, по В. О. Пароникяну.

Электрум установлен в рудах медноколчеданных (Алаверди, Шамлуг; Магакьян И. Г., 1947), полиметаллических (Ахтала, Какавасар; Магакьян И. Г., 1947) и золото-полиметаллических месторождений (Арманис; Амирян Ш. О., 1972). На Алавердском, Шамлугском и Ахталском месторождениях электрум находится в борнитовых рудах, размещенных на верхних горизонтах рудных тел и пересекающих медно-серноколчеданные руды. Здесь электрум ассоциирует с борнитом, штромейеритом (рис. 12), арсенопиритом, халькозином, виттихенитом, галенитом, теннантитом, кальцитом, самородным золотом и серебром. Образует неправильные, червеобразные, дендритовидные выделения. Обычно сростается с теннантитом, аргентитом, самородным золотом, халькозином, располагаясь в промежутках зерен галенита, борнита, халькопирита, или же в их полях, чаще всего в полях борнита. Размер выделений составляет 0,005—0,02 мм. От ассоциирующего с ним золота отличается более светлым цветом, слабым травлением HNO_3 (на золото HNO_3 не действует).

В рудах Арманисского и Какавасарского месторождений электрум находится в ассоциации с сфалеритом, галенитом, халькопиритом, самородным золотом (Арманис) и самородным серебром (Какавасар). На Арманисском месторождении часто встречается в полях халькопирита, а на Какавасарском—галенита. Здесь размер зерен составляет 0,001—0,05 мм. Микроспектральный анализ выделений электрума показывает много золота и серебра, что вместе с физическими и оптическими свойствами подтверждает наличие этого минерала. По всей вероятности, на месторождениях Арманис и Какавасар золото представлено в основном электрумом. Это подтверждается и тем, что здесь в рудах низко и золото-серебряное отношение ($\text{Au:Ag}=1:150\text{—}200$).

Практическое значение электрума небольшое, но должно учитываться в комплексе с другими минералами золота и серебра.

2. ГРУППА СВИНЦА

Свинец самородный—Pb. Сингония кубическая.

Слагает зерна неправильной формы и крючковатые выделения размерами до 2—3 мм (рис. 13). Кристаллов не обнаружено.

Цвет свинцово-серый, иногда с синеватым оттенком. Блеск металлический (в свежем разрезе), быстро тускнеет. Твердость 1,5—2, ковоч, тягуч, легко режется ножом. Растворяется в HNO_3 . Иногда зерна с поверхности покрыты серовато-белой церусситовой пленкой. Спектральными анализами в составе самородного свинца обнаружены примеси железа, титана, меди, серебра, сурьмы, цинка и олова.

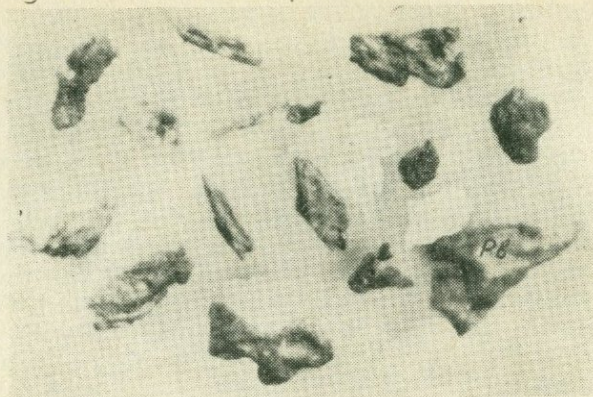


Рис. 13. Выделения самородного свинца неправильной формы из протоочки энстатита Мумухан-Красарского массива. Фото, ув. 30, по С. Б. Абовяну.

Встречен в породах габбро-перидотитовых и габбро-диоритовых комплексов офиолитовых поясов Армянской ССР (Абовян, 1969), в вулканических породах Базумского хребта (Мурадян, 1971) и Алавердского района (Мирзоян, 1974) в виде аксессуарного минерала, а также в шлихах, промытых из рыхлых отложений рек, размывающих Памбакский, Арегунийский и Севанский хребты. В шлихах он встречается с самородным золотом, самородным оловом, хромшпинелидами, магнетитом, киноварью, касситеритом, антимонитом, пиритом, халькопиритом, цирконом, сфеном, корундом, кварцем и кальцитом.

Самородный свинец образуется в восстановительных условиях. Источником свинца служил галенит, иногда, возможно, радиоактивный распад.

Практического значения самородный свинец не имеет.

3. ГРУППА ЖЕЛЕЗА—ПЛАТИНЫ

Железо самородное—Fe. Химический состав—Fe с незначительными примесями Ni, Co Cu, Pt. Сингония кубическая, гексоктаэдрический, твердость 4—5, удельный вес—7,3—7,6, сильно магнитен.

В Армянской ССР самородное железо установлено только в рудах Азатекского месторождения. Здесь во вкрапленных пирротиновых рудах северо-восточного участка рудного поля при мик-

роскопическом изучении полированных шлифов встречены мельчайшие выделения чисто белого изотропного минерала с очень высокой отражательной способностью ($R > 65\%$).

Во всех случаях минерал развивается в пирротине, в гипогенных условиях частично превращенного в пирит ($2\text{FeS} \rightarrow \text{FeS}_2 + \text{Fe}$). Количество самородного железа находится в зависимости от масштабов перехода пирротина в пирит. При этом самородное железо в своей основной массе рассеяно в пирите и очень редко образует более или менее значительные по размерам зерна.

Микронзондовый анализ самородного железа из Азатекского месторождения показал незначительные примеси меди и кобальта.

Аваруит— Ni_2Fe (железистый никель). Сингония кубическая.

Образует зерна неправильной формы (рис. 14), иногда крючковатые выделения размерами до 1 мм, реже тонкие прожилки

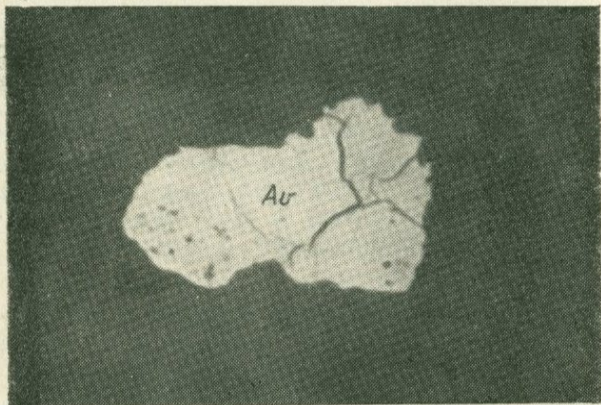


Рис. 14. Зерна аваруита (Av) из Шоржинского массива серпентинита. Аншлиф, х30, по С. Б. Абовяну.

толщиной до 0,5 мм, сложенные агрегатом неправильных зерен совместно с плотной серпентиновой массой (Абовян, 1966).

Цвет—стально-серый, блеск металлический. В полированных шлифах цвет белый с нежно-кремовым оттенком, полируется хорошо. Рельеф высокий, но ниже, чем у хромшпинелидов. Отражательная способность высокая, порядка 70 % (визуально). Сильно магнитен.

Теоретический состав: Ni—67,6 %, Fe—32,4 %.

Приближенно-количественным спектральным анализом в

аваруите из Шоржинского массива, кроме Ni и Fe, составляющих основу минерала, обнаружены примеси (в %): Si—0,03, Ti—0,0024, Al—0,001, Mn—0,00042, Mg—0,01, Cr—0,00075, Co—0,013, Ca—0,003, Cu—0,013. Из них Si, Al, Mg и Ca, вероятно, входят в состав силикатов, образующих тончайшие сростки с аваруитом, остальные элементы изоморфно замещают Fe^{2+} Ni, образует твердый раствор с Fe^{2+} .

В Армянской ССР аваруит встречается в виде акцессорного минерала среди серпентинитов, серпентинизированных разновидностей, ультрамафитов, реже среди лиственитов. Отмечается резкое возрастание его количества при повышении степени серпентинизации пород.

В шлихах аваруит ассоциирует с серпентином, метаморфизованным хромшпинелидом, магнетитом, пирротинном, хизлевудитом и др. Взаимоотношения между ними в отдельных зернах, (в аншлифах) позволяют установить, что аваруит часто возникает за счет магнетита при низкотемпературных восстановительных условиях. В таких случаях в аваруите наблюдаются реликтовые включения магнетита. Необходимый для аваруита никель, вероятно, был заимствован при серпентинизации из оливина и других никельсодержащих минералов на последних стадиях этого процесса. По мнению П. Рамдора (1962), для образования аваруита, кроме восстановительной среды, необходимо также одновременное каталитическое воздействие платины. С этой точки зрения увеличиваются перспективы платиноносности ультрамафитов Армянской ССР.

Платина иридиастая—(Pt, Yr). Сингония кубическая.

Образует мельчайшие зерна размерами до 0,16 мм, редко вкрапленники в массе серпентинизированного дунита Шоржинского массива.

Цвет—белый или серебристо-белый. Блеск металлический. По противодействию царской водке определяется принадлежность к иридиистой платине, а в одном зерне платины наблюдалось микроскопическое зерно иридиистой платины, рельефно выделявшейся среди платиновой массы, благодаря своей более высокой твердости. Продолжительное травление наиболее крупных зернышек позволяет с трудом установить агрегатное строение зерен.

В дунитах зерна иридиистой платины часто приурочены к зернам хромшпинелидов, имеют магматическое происхождение и выделяются в последние моменты, близкие к гидротермальной стадии процессов (серпентинизации). Наличие ассоциации: хромшпинелиды, магнетит, пирротин, хизлевудит и аваруит является благоприятным условием для образования платиновых минералов (Абовян, 1966).

Иридная платина—редкий минерал, впервые описан А. Г. Бетехтиным (1932) в образцах дунита коллекции С. Е. Айвазова из Шоржинского массива и пока не имеет практического значения.

Данные последних лет по опробованию ультрамафитов показывают, что значительное развитие имеет также палладистая платина, содержание которой уменьшается от дунитов к перидотитам и пироксенитам. Во всех пробах Pd преобладает над Pt, отношение Pd:Pt в дунитах составляет 2, в перидотитах—3,2.

Имеющиеся данные показывают, что наибольшая концентрация платиноидов приурочена к дунитам и, особенно, к их серпентинизированным разновидностям.

Практического значения иридная платина не имеет.

4. ГРУППА ОЛОВА

Олово самородное—Sn. Сингония тетрагональная.

Встречается в виде шарикоподобных, реже овальных, крючковатых, древовидных, неправильно пластинчатых, изометрично-таблитчатых с неправильными и округлыми очертаниями зерен размерами от 0,01 до 2 мм.

Цвет от оловянно-белого (у большинства шарикоподобных зерен) до тускло-серого. Поверхность шарикоподобных зерен гладкая с металлическим блеском, таким же как в свежем изломе или царапинах зерен. У зерен иных форм поверхность негладкая. Твердость 2—2,5, ковок и тягуч. Растворяется в концентрированной HCl с выделением водорода. Спектральными анализами в составе самородного олова установлены примеси меди, серебра, свинца, сурьмы и висмута.

Обнаружено в шлихах из рыхлых отложений рек, размывающих Тежсарский интрузив нефелиновых сиенитов, щелочных сиенитов и эпилейцитовых порфиров (Мидян, 1949), ЮЗ склонов Арегунийского и Севанского хребтов на СВ побережье озера Севан (Гаспарян, 1956), а также из шорагбюрской толщи, образовавшейся в результате размыва и переноса материала из Памбакского хребта. В коренном залегании оно обнаружено в вулканогенных породах эоцена (порфиритах, альбитофирах и их пирокластических разновидностях), известняках и серпентинитах бассейна р. Дзыкнагет и в амфиболитах, обнажающихся на СВ побережье озера Севан между сс. Карайман и Инак-даг (Гаспарян, 1956) и в гранодиоритах Лалварского массива и липаритовых порфирах Алавердского района (Мирзоян, 1974).

Самородное олово обычно в россыпях встречается вместе с самородной платиной, осмистым придием, золотом, касситеритом и другими минералами (Австралия). В рыхлых отложениях Ар-

мянской ССР оно встречено с хромшпинелидом, магнетитом, киноварью, касситеритом, самородным золотом, самородным свинцом, цирконом, сфеном, корундом, шеелитом, флюоритом.

Практического значения самородное олово не имеет.

5. ГРУППА РТУТИ

Ртуть самородная—Hg.

Жидкая при t минус $38,9^{\circ}\text{C}$, кристаллизуется в тригональной сингонии. Иногда содержит небольшую примесь Ag и Au. Образует сильно блестящие металлические капли оловянно-белого цвета. Уд. вес 13,596 (в твердом состоянии 14,26 при t минус 46°C). Ртуть способна растворять Au, Ag, Pb и ряд других металлов, образуя жидкие и твердые амальгамы. Обычно самородная ртуть ассоциирует с полуразложившейся киноварью—HgS и является конечным продуктом разложения киновари в зонах окисления ртутных месторождений.

В Армянской ССР самородная ртуть установлена на ртутных месторождениях Сараландж и Советашен, где проявляется в виде капелек размером 0,1—2 мм в диаметре в рыхлых отложениях зоны окисления и по трещинкам во вмещающих породах.

На Сараланджском месторождении количество самородной ртути довольно значительно и в пройденной здесь штольне с кровли ее падают капельки самородной ртути.

Практического значения проявления самородной ртути в Армянской ССР не имеют.

6. ГРУППА МЫШЬЯКА

Мышьяк самородный—As. Примеси—Sb (до 9,2 %), Fe (до 2 %), Ni (до 4,6 %), реже Ag, Au, Bi (Минералы, т. 1, 1960). Самородный мышьяк установлен только в Амасийском рудопоявлении сурьмяно-мышьяковых руд (В. О. Пароникян, А. Ш. Матевосян, 1965), а позднее в рудах Зодского месторождения (Н. И. Магакян, 1980). На Амасийском рудопоявлении он приурочен к рудам реальгар-аурипигментовой стадии минерализации и не отмечается в кварц-антимонитовых рудах. Сопутствующими минералами самородного мышьяка (рис. 15) являются реальгар, аурипигмент (рис. 15), пирит, марказит, пирротин, лёллингит и пентландит, вместе с халцедоноподобным кварцем и реже—таблитчатым баритом. В этих рудах самородный мышьяк является характерным компонентом, образует мелкие вкрапленники, сплошные массы величиною до нескольких сантиметров в поперечнике. Часты тон-

копластинчатые, радиально-лучистые агрегаты, которые нередко переходят в тонкозернистые и почковидные массы.

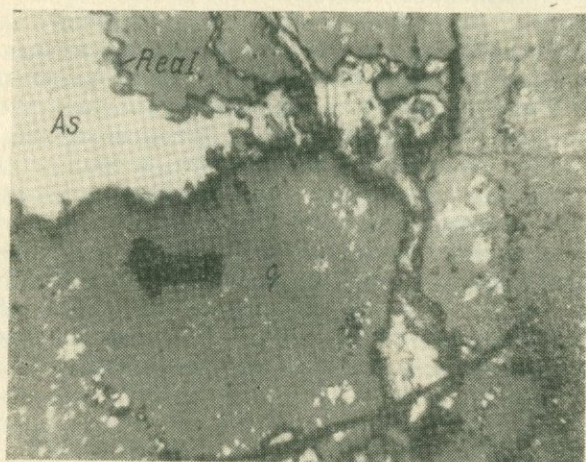


Рис. 15. Мышьяк самородный (As) окаймляется и замещается реальгаром (Real). Темно-серое—кварц (q). Месторождение Амасия. Аншлиф, $\times 150$, по В. О. Пароникяну.

Цвет самородного мышьяка в свежем изломе—оловянно-белый, поверхность его в течение нескольких дней в результате образования тонкой пленки арсенолита (As_2O_3) становится черной. Цвет его под микроскопом в отраженном свете белый, кремово-белый. Отражательная способность (58%) немного выше, чем у пирита и леллингита. Двухотражение выражено довольно отчетливо с изменением цветного оттенка от светло-кремово-белого до белого с нежным фиолетово-розовым оттенком. Сильно анизотропный. В агрегатах зерен внутренняя структура как гипидиоморфнозернистая, так и аллотриоморфнозернистая. Широко развиты тонкопластинчатые двойники роста по (0112), иногда также по двум направлениям, создавая решетчатую или паркетобразную структуру. Отдельные индивиды обладают ланцетообразной формой нередко изогнутые. В результате катаклаза и микросмещений параллельных пластинок образуется также ступенчатая структура. Следы спайности проявлены часто и фиксируются параллельными тонкими линиями в одном или в двух направлениях—по (0001), реже (1012); на участках пересечения указанных линий

нередко отмечаются треугольники выкрошивания. В просмотренных полированных шлифах пирит и леллингит по краям и микро-трещинкам замещаются самородным мышьяком, который в свою очередь окаймляется и замещается реальгаром, аурипигментом, а также гипергенным арсенолитом.

В литературе таблитчатость и хорошая спайность самородного мышьяка принимается за признак слоистой структуры и на этом основании выделяют самостоятельный гексагональный арсеноламприт (П. Рамдор, 1962), в отличие от почковидного, тонкозернистого ромбоздрического мышьяка. Если исходить из указанных предпосылок, то можно отметить, что в нашем случае речь идет как о арсеноламприте, так и о самородном мышьяке, находящихся друг с другом в тесных сростаниях.

Спектральным анализом в одном образце самородного мышьяка установлены небольшие содержания примесей—Cr, Ni—0,003—0,1%, Al, Mg, Ca, Sb—0,01—0,03%, Co—0,003—0,01%, Mn, Ti, Cu, Zn—0,001—0,003%, Ag, V—0,0003%. Минерал подтверждается также рентгенометрическими исследованиями (табл. 4).

Таблица 4

Межплоскостные расстояния самородного мышьяка
из Амасийского рудопоявления*

1	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	1	$d\alpha/n$	$d\beta/n$
5	3,50	3,17	9	1,549	1,404
6	(3,06)	2,78	3	1,384	1,255
10	2,76	2,50	3	1,368	1,240
4	(2,26)	2,05	7	1,283	1,163
8	2,04	1,85	7	1,196	1,084
10	1,866	1,692	4	1,113	1,009
7	1,760	1,595	4	1,083	0,982
7	1,652	1,497	2	1,050	0,960

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР С. В. Геворкян. Условия съемки: УРС—70, Fe $\alpha\beta$ -излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 5 ч.

Девн (1920) и Ван дер Веен (1925) природному самородному мышьяку приписывают исключительно экзогенный генезис; однако такое представление ставится под сомнение А. Г. Бетехтиным (1956) и П. Рамдором (1962), так как в этих условиях из-за большой его химической активности скорее следует ожидать образования арсенолита, чем самородного мышьяка. Этот вывод полностью подтверждается на примере самородного мышьяка из Амасийского рудопоявления, где он гипогенный и является более ранним образованием, чем гипогенные реальгар и аурипигмент.

В реальгар-аурипигментовой ассоциации других регионов самородный мышьяк упоминается редко. Более часты находки этого минерала в рудах пятиэлементной и «благородной кальцитовой» формаций. Сопутствующими минералами в этих случаях являются сульфиды и сульфосоли, а также арсениды и сульфиды кобальта, железа и никеля (Фрейберг, Шнееберг, Аннаберг в ГДР; Конгсберг в Норвегии, Яхимов в Чехословакии). Почковидные агрегаты самородного мышьяка отмечены в свинцово-цинковых рудах Садонского месторождения и в кальцитовых жилах Забайкалья (Минералы, т. 1, 1960).

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Висмут самородный—Bi. Сингония тригональная. Имеющиеся в литературе химические анализы показывают в самородном висмуте содержание Bi от 95,90 до 99,95%. В виде примесей обычно содержит: Fe, S, As, Sb, Pb, Te.

Самородный висмут является редким минералом и встречается в Армянской ССР только в рудах медно-молибденовой и золоторудной формаций. Он установлен в рудах следующих месторождений: Айгедзор и Агарак (Г. О. Пиджян, 1956), Каджаран (А. С. Фарамазян, 1958), Калер (К. А. Карамян) и Зод (Ш. О. Амирян, 1961).

На Айгедзорском и Агаракском месторождениях встречается в виде отдельных каплевидных и реже удлинённых выделений с размерами 0,003—0,01 мм в халькопирите и кварце, в тесной ассоциации с висмутином, виттихенитом и эмплектитом. На Каджаранском месторождении отмечен только в нескольких шлифах одного образца в виде редких изолированных выделений величиной 0,01—0,05 мм, в ассоциации с галенитом, блеклой рудой, халькопиритом, теллуридами, совместно с которыми тонкими прерывистыми прожилками пересекает поля сфалерита. На Зодском месторождении встречается в виде зернистых агрегатов размером 0,015—0,05 мм в ассоциации с арсенопиритом, сфалеритом и галенитом, а иногда развивается по контактам рудных минералов или по спайности карбоната.

В отраженном свете висмут белый с слабым розовато-кремовым оттенком, что хорошо заметно в сростках с арсенопиритом и галенитом. Характеризуется высокой отражательной способностью и сильным блеском (для желтых лучей 68—69%), заметной анизотропностью в иммерсии, а иногда и в воздухе. Двуотражение с трудом устанавливается только в иммерсии. Обычно поверхность минерала сильно исштрихована, что затрудняет определение кристаллооптических свойств. По наблюдениям А. С. Фарамазяна (1958), самородный висмут в скрещенных николях среди остальных минералов остается наиболее освещенным, что, по-видимому, вызвано частичной эллиптической поляризацией отраженного

света. Твердость висмута низкая, рельеф ниже халькопирита и галенита, полируется плохо и внутренних рефлексов не имеет. При действии HNO_3 мгновенно чернеет. Наличие висмута и отсутствие теллура подтверждено микрохимической реакцией и микроспектральным анализом.

В медно-молибденовых месторождениях самородный висмут выделялся позже всех сульфидов, но до теллурических минералов (Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян). По данным Ш. О. Амиряна, в Зодском месторождении самородный висмут выделяется также позже всех сульфидов. Он нарастает на зерна и агрегаты арсенипирита, сфалерита и галенита.

Самородный висмут в рудах Армении самостоятельного практического значения не имеет, однако он (как и другие висмутовые минералы) в рудах медно-молибденовых месторождений тесно связан с минералами меди, свинца и цинка и при флотации руд накапливается в медных концентратах, из которых его следует извлекать.

Сурьма самородная— Sb , тригональная сингония. Обычно встречается в виде массивных, листоватых агрегатов, нередко ромбоэдрических кристаллов. Спайность по (0001) совершенная, по (0021)—отчетливая. Твердость 3—3,5, уд. вес 6,7. Непрозрачный. Оловянно-белый, с очень легким желтоватым оттенком и металлическим блеском.

В отраженном свете цвет минерала ярко-белый. Отражательная способность высокая, коэффициенты отражения (R_g и R_p) для красной части спектра ($\lambda=620$) составляют 69,5% и 74,0% соответственно. Двухотражение очень слабое, усиливается в иммерсии. Эффекты анизотропии слабые, в масле отчетливые. Без внутренних рефлексов. Микротвердость от 62 кгс/мм² до 135 кгс/мм². По рельефу сходна с бертьеритом, антимонитом и галенитом.

Сурьма образует ксеноморфные зерна и тонкозернистые агрегаты размером 0,001—0,01 мм с зазубренными очертаниями зерен.

Травится: от HNO_3 , коричневый или иризирующий налет; FeCl_3 —коричневый налет, нередко почернение; HgCl_2 —слабо коричневый. При структурном травлении от конц. K_2S и $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ обнаруживаются пластинчатые полисинтетические двойники.

Микроспектральным анализом в минерале, кроме Sb , установлены небольшие содержания As , Te , Ag и Pb , часть которых связана с ассоциирующими минералами.

В рентгенограмме антимонита и сульфосолей получены также линии самородной сурьмы (5) 3.08; (2) 2.48; (2) 2.214; (1) 2.137.

Самородная сурьма установлена (Ш. О. Амирян, 1974) в

сложных антимонит-сульфоантимонитовых рудах Зодского месторождения, где она ассоциирует с антимонитом, буланжеритом, бертьеритом, джемсонитом, геокронитом и очень редко с теллуридами.

Обычно самородная сурьма в виде тонкозернистых агрегатов совместно с бертьеритом и теллуридами развивается по антимониту. Образование сурьмы и теллуридов после антимонита и сульфосолей Pb, Cu, As и Sb свидетельствует о резком повышении в растворах концентрации сурьмы, теллура, золота и серебра. Не исключена возможность частичного переотложения этих металлов из ранее отложенных антимонитовых и золото-теллуридов руд под воздействием поздних нагретых растворов.

Обнаружение самородной сурьмы на более низких горизонтах рудных тел и ассоциация ее с гипогенными минералами говорят в пользу гипогенного ее происхождения.

Практического значения самородная сурьма не имеет.

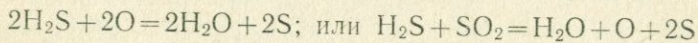
7. ГРУППА СЕРЫ И ТЕЛЛУРА

Сера самородная (α -S). В природных условиях устойчива ромбическая модификация— α -сера. Иногда содержит изоморфные примеси Se (обычно до 1%), Te, As, Tl.

Сингония ромбическая, цвет желтый различных оттенков, твердость 1—2, хрупка, уд. вес 2,05—2,08, слабый проводник тепла и электричества, при трении заряжается отрицательным электричеством.

В Армянской ССР небольшие гнездышки самородной серы встречаются в привершинной части г. Арагац в трещинах и пористых участках лав, где она осаждалась, по-видимому из эксгаляций (возгонов), связанных с вулканической деятельностью.

Возникает в результате неполного окисления сероводорода сольфатар или как продукт реакции его с сернистым газом:



Анализ арагацкой самородной серы показал содержание в ней; (по спектральному анализу, выполненному в спектральной лаборатории ИГН М. Мартиросьяном): Zn—0,001%, Cu—0,0001%, B— $1,5 \cdot 10^{-6}\%$, Ge— $2,5 \cdot 10^{-6}\%$, Bi— $3,8 \cdot 10^{-5}\%$ и др. примесей.

Химический анализ того же образца, произведенный в химической лаборатории ИГН (аналитик Г. М. Джрбашян), дал следующие содержания: S—99,9%, Se—0,003%, Te—0,0016%, As—0,001%, Tl—0,0002%.

Изотопный анализ, выполненный в лаборатории изотопного

анализа ИМГРЭ, показал значение, близкое к метеоритному стандарту ($\delta^{34}\text{S}$ —3,00‰), что не выходит за пределы колебаний величины $\delta^{34}\text{S}$ образований подобного типа.

Практического значения проявления самородной серы в Армянской ССР не имеют.

Теллур самородный—Te, тригональная сингония. Образует призматические или игольчатые кристаллы, столбчатые массы, иногда мелкозернистые. Спайность по (1010) совершенная, по (0001) несовершенная. Цвет оловянно-белый. Черта серая. Непрозрачный. Блеск металлический. Хрупкий. Тв.—2—2,5, по микровдавливанию 29—87 кгс/мм². Уд. вес 6,1—6,3.

В отраженном свете кремово-белый с желтым оттенком. Отражательная способность в светлом положении почти равна отражательной способности алтанта (Rg—62,7%, Rp—53,5%), в темном положении заметно ниже. Двуотражающий, что хорошо наблюдается на агрегатах с различно ориентированными зернами. Сильно анизотропный (в светлых, светло-коричневых, серых тонах), рельеф выше, чем у теллуrowисмутита, алтанта гессита, тетрадимита. Микротвердость: $H_{\text{ср1}} = 37,8$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 88,5$ кгс/мм². Спайность обычно наблюдается в одном направлении, нередко и во втором. Образует мелкозернистые агрегаты, сложенные из тонких удлиненных индивидов.

От HNO₃ чернеет, от HCl—становится светло-бурым, желтоватым, от царской водки образуется желто-коричневый налет. Микрохимия на Te положительна. Микроспектрально в минерале определен теллур и примеси Ag, Au, Sb, Fe, Bi, Pb, которые связаны с механическими включениями ассоциирующих минералов.

Результаты исследования химического состава анкадзорского самородного теллура на электронно-зондовом рентгеноспектральном микроанализаторе УХА—5 следующие (в %): Te—98,7; S—1,0; Fe—0,3.

Самородный теллур обнаружен в рудах Каджаранского медно-молибденового (А. С. Фарамазян, 1958, 1974), Зодского золоторудного (Ш. О. Амирян, 1960_{1,2}, 1974), Анкадзорского (Г. А. Арутюнян, 1977), и Кафанского (А. И. Карапетян, 1964) месторождений. На Зодском месторождении теллур ассоциирует с теллуrowисмутитом, алтантом, гесситом, галенитом, тетрадимитом, теннантитом, золотом, нагиагитом, гесситом, бурнонитом и пильзенитом (верлитом); на Каджаранском—с гесситом, петцитом, алтантом, халькопиритом, блеклыми рудами, галенитом; на Кафанском—с алтантом, петцитом, гесситом и золотом, а на Анкадзорском—с пиритом, халькопиритом.

На всех месторождениях самородный теллур образовался из остаточных, богатых теллуrom и золотом растворов, после всех перечисленных выше минералов. Он замещает эти минералы и

заполняет промежутки их зерен и агрегатов. Отложение самородного теллура после теллуридов указывает на обогащенность растворов теллуrom по сравнению с теми катионами, с которыми он образует химические соединения.

Практического значения самородный теллур не имеет.

8. ГРУППА АЛМАЗА

Алмаз—С. Сингония кубическая.

Встречается в виде обломков октаэдра, октаэдров (рис. 16), комбинаций куб-октаэдр-ромбододекаэдр, октаэдр-ромбододекаэдров, кубооктаэдров, двойников срастания кристаллов неясной формы, осколков неправильной формы и неправильными микроагрегатными зернами размерами от 0,17 до 0,28 мм (Павленко и др., 1974).

Цвет—бесцветный с розовым, сиреневатым, серым, желтым и коричневатобурым оттенком. Редко встречаются бесцветные, проз-

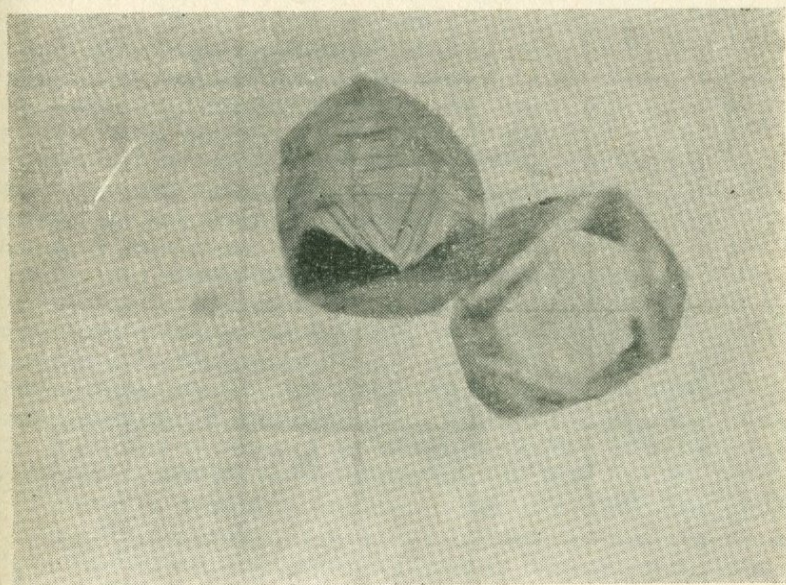


Рис. 16. Кристаллы алмаза из россыпей побережья оз. Севан. Фото (размер сетки 1 мм), по Р. Г. Геворкяну.

рачные разновидности. Блеск сильный, алмазный, реже жирный. Излом раковистый. Иногда внутри зерен наблюдаются черные точечные включения. На гранях отдельных зерен отмечается поперечная штриховка. Спайность незаметная. Твердость—10, хрупок. Уд. вес—3,5—3,51. В жидкости 1,99 имеет высокий рельеф, четкую черную кайму, в скрещенных николях отмечается небольшая анизотропия. Характерна люминесценция в ультрафиолетовых лучах оранжевым и зеленым цветом. Рентгенограмма четких линий не дает, однако расположение точек на рентгенограмме однозначно указывает на структуру алмаза. Электронномикроскопические исследования показывают, что алмазы Армении по своим свойствам относятся к кристаллам, близким к синтетическим, либо к внешним зонам природных алмазов IV разновидности Якутии.

Теоретический состав: бесцветные разновидности состоят из чистого углерода, а окрашенные и непрозрачные—содержат в сухом остатке примеси (до нескольких процентов) SiO_2 , MgO , CaO , FeO , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 и др.

В Армянской ССР алмаз обнаружен в рыхлых отложениях рр. Дзкнагет, Чкнах, Гергер и СВ побережья озера Севан, размывающих выходы ультрамафитов и других пород офиолитовой ассоциации.

Изучение отдельных кристаллов алмаза показывает, что общая концентрация азота в них составляет 0,12% и они относятся к алмазам типа Ia, содержащим скопления азотных примесей замещения с дополнительными дефектами в виде азотных кластеров. Для них характерны преимущественно А-дефекты, по интенсивности V_1 -центр составляет не более 5—7% интенсивности А-центра, а также рост в условиях пониженных температур и давлений относительно якутских алмазов. Кроме того, мозаичность кристаллов, высокая степень разориентировки блоков в кристаллах, а также однородность ультрафиолетовой топографии указывает на их сравнительно быстрый рост. Своеобразие состава и условия роста отличают алмазы Армении от алмазов Якутии. Термодинамические условия их роста характеризуются нестабильностью, сравнительно низкими параметрами температуры и давления и высокими скоростями кристаллизации.

Алмаз весьма редкий в Армянской ССР минерал и пока практического значения не имеет.

КАРБИДЫ, НИТРИДЫ И ФОСФИДЫ

Муассанит—SiC. Сингония гексагональная.

Редкий минерал, встречен в виде неправильных угловатых осколков, уплощенных, сферических, столбчатых изометрических зерен и изредка правильных кристаллов. Характерны также округлые пальцевидные и сосульковидные зерна, частично оплавленные с поверхности, что, вероятно, свидетельствует о высокой температуре их образования. По описанию они сходны с муассанитом трубки «Мир». Типичны также сростки зерен муассанитов друг с другом. Из кристаллов чаще встречаются пинакоидальные формы (или моноэдрические), реже-удлиненно-призматические кристаллы дитригонально-призматического габитуса. В целом зерна соответствуют сферическому тетраэдру. Поверхность зерен обычно гладкая и ровная, иногда шероховатая, бугристая, ступенчатая с выбоинами. Штриховка на гранях чаще ориентирована по удлинению зерен, но встречаются также поперечная и диагональная. Нередко зерна муассанита трещиноватые. Размер зерен от 0,03 до 2 мм.

Цвет—бесцветный, темно- и светло-серый, зеленый с различными оттенками, голубой, густо-синий, черный. Преобладают светло-зеленые разности. Окраска иногда меняется в пределах одного зерна. Блеск от сильно алмазного до металлического, реже жирный. Излом раковистый, иногда ступенчатый, в тонких осколках просвечивает. Спайность плохо выражена. Отдельные зерна иногда содержат включения, преобладают черные точечные (вероятно, графит). Твердость высокая, порядка 9,5. Уд. вес 3,13 для синих разностей, черные и светло-зеленые, несколько меньше, чем 3,13. Оптически положительный. Показатель преломления намного выше показателя преломления обычных иммерсионных жидкостей. Большинство зерен муассанита имеет высокое двупреломление и яркие цвета интерференции с иммерсионных препаратов, интенсивно окрашенные зерна имеют плеохроизм в синих тонах, иногда волнистое угасание.

В ультрафиолетовых лучах для значительной части зерен характерна люминесценция: оранжевая, желтая, красновато-оран-

Межплоскостные расстояния муассанитов Армянской ССР

1		2		3		4		5	
l	d α /n	l	d α /n	l	d α /n	l	d α n	l	d α /n
		4	4,63	1	4,62				
				2	4,20	1	4,26		
8	4,16	9	4,19						
5	3,74	3	3,78	1	3,81	1	3,71		
						9	3,349		
		2	2,895	1	2,892				
4	2,316	3	2,803						
				1	2,757	2	2,781		
		4	2,64	7	2,613	2	2,635	4	2,637
5	2,538	7	2,534	10	2,515	10	2,520	10	2,508
		4	2,376	4	2,356	4	2,353	9	2,364
		3	2,245						
		3	2,193	5	2,174			3	2,177
								3	2,103
		6	2,035						
				3	1,998			2	1,994
						1	1,821	2	1,821
				4	1,704	1	1,701		
		3	1,683	4	1,672			1	1,684
								4	1,615
4	1,550	4	1,546	2	1,567				
				5	1,536	8	1,542	10	1,530
				1	1,448	1	1,451	1	1,453
3	1,426	4	1,425	8	1,421	3	1,423	8	1,417
				1	1,385	1	1,373		
				1	1,327				
4	1,317	3	1,318	9	1,313	7	1,314	9	1,313
				8	1,288			4	1,291
		2	1,221	6	1,257			3	1,266
		3	0,91	2	1,220				
				1	1,200				
				2	1,151				
		2	1,097	3	1,134			1	1,131
				2	1,101			2	1,110
				7	1,082			2	1,088
		2	1,044	6	1,044			6	1,046
				7	1,041				
								1	1,036
		4	1,001	6	1,000			5	1,003
		2	0,998	5	0,997				
				2	0,988			5	0,989
				2	9,986				
								5	0,975
								1	0,957
								6	0,942
								3	0,903
								8	0,889
								9	0,864
								1	0,841
								9	0,837
								6	0,805
								4	0,802

* Анализы 1—4 по данным З. В. Бартошинского и др. (1978), а анализ 5 по Г. Г. Мирзояну (1971).

жевая, различной интенсивности. Для более темных разностей отмечено явление гашения люминесценции.

Спектральными анализами в составе муассанита установлены примеси кремния, алюминия, магния, кальция, титана, молибдена, меди и натрия. Анализ величин межплоскостных расстояний муассанитов из рыхлых отложений бассейнов рр. Дзорaget, Ахурян и из коренных пород Алавердского района (табл. 5) и их сравнение с данными рентгенограмм муассанитов, приведенных в «Американской рентгенометрической картотеке», дает возможность отнести муассаниты граф 1 и 2 к тригональной модификации α -SiC-I, графы 3—к модификации α -SiC-II, графы 4—к модификации α -SiC-VI. Муассанит графы 5 соответствует данным для искусственного карбида кремния и муассанитов из других регионов (Мирзоян, 1971).

Известно, что муассанит встречен в метеоритах из Каньон Диабло, Аризона (США) в ассоциации с мельчайшими зернами алмаза, а также в кимберлитах, порфировых перидотитах, траппах Восточной Сибири и вулканических брекчиях Чешских Средних гор.

В Армянской ССР муассанит обнаружен среди рыхлых отложений рр. Дзорaget, Гергер, Чкнах, размывающих ультрамафиты; в протолочках из коренных ультрамафитов встречен в виде акцессорного минерала в ассоциации с хромшпинелидами, магнетитом, иоцитом, корундом, гранатом и редко с алмазом, указывающим на то, что муассанит представляет первичную составную часть перидотитов, образовавшихся при высоких давлениях и температурах (Абовян, Каминский, 1977). Кроме того, он обнаружен в протолочках из вулканических пород (кварцевых плагиопорфиров, альбитофинов, кератофинов, андезитов, туфов) Алавердского района в виде акцессорного минерала в ассоциации с магнетитом, иоцитом, самородным железом, ильменитом, лимонитом, гематитом, галенитом, пиригом, цирконом, апатитом, монацитом, гранатом, корундом, анатазом, сфеном, рутилом, флюоритом, турмалином и др. Вероятно, в вулканогенных породах муассанит выкристаллизовался в условиях высокого давления и температуры за счет первичного углерода в процессе поднятия магмы (Мирзоян, 1971).

Муассанит практического значения в породах Армянской ССР не имеет, однако, являясь одним из вероятных спутников алмаза и минералом, имеющим близкие к алмазу условия образования, его присутствие в приведенных выше минеральных ассоциациях указывает на возможную алмазоносность ультрамафитов Армянской ССР и может быть вулканических пород Алавердского района.

*К разделам I и II (I самородные минералы и
II—карбиды, нитриды и фосфиды)*

- Абовян С. Б. Хизлевудит из Шоржинского перидотитового массива (Армянская ССР). Докл. АН АрмССР, т. XLII, 1966, № 2.
- Абовян С. Б. Акцессорные минералы пород габбро-перидотитовой формации Базумского и Ширакского хребтов (Армянская ССР). Известия АН АрмССР, Науки о Земле, т. XXII, 1969, № 1.
- Акопян Е. А. Минералогия зоны окисления главнейших медно-молибденовых месторождений Армении. Изд. АН АрмССР, 1960.
- Амирян Ш. О., Карапетян А. И. Минералого-геохимическая характеристика руд Меградзорского золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, т. XVII, № 2, 1964.
- Амирян Ш. О. Некоторые черты металлогении золота и золотоносные ассоциации минералов в Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. XXI, № 4, 1968.
- Амирян Ш. О., Тунян Г. А. Минералого-геохимическая характеристика руд Тейского золоторудного месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, № 5, 1971.
- Амирян Ш. О. Новое в минералогии и геохимии руд Арманисского золото-сульфидного месторождения. ДАН АрмССР, т. IV, № 2, 1972.
- Амирян Ш. О., Фарамазян А. С. Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1974.
- Асланян А. Т. Геология Армении. Айпетрат, Ереван, 1958.
- Бетехтин А. Г. К вопросу о платиноносности Гокчинских перидотитовых массивов (в Армении). Цветные металлы, № 3, 1932.
- Бетехтин А. Г. Платина. Изд. АН СССР, М.—Л., 1935.
- Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, М., 1950.
- Виноградов В. И. Изотопный состав и происхождение вулканической серы. Геол. рудных месторождений, № 3, 1964.
- Волынский И. С. Определение рудных минералов под микроскопом, т. III, Госгеолиздат, 1949.
- Гаспарян И. Г. О находке некоторых самородных минералов в аллювии и в искусственных шлихах бассейна озера Севан. Изв. АН АрмССР, т. IX, № 6, 1956.
- Геология Армянской ССР, т. VI, Металлические полезные ископаемые. Колл. авторов. Изд. АН АрмССР, 1967.
- Егорова В. К. О находке самородного серебра в районе рудника Чираги-дзор (Аз. ССР). Зап. ВМО, ч. XX, № 1, 1941.
- Зарьян Р. Н. К минералогии руд Аткизского участка Каджаранского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1962.

- Карапетян А. И. Характер оруденения золота на одном медно-молибденовом месторождении. Изв. АН АрмССР, серия геол. и геогр. наук, т. XIV, № 4, 1961.
- Магакьян И. Г. Алавердский тип оруденения и его руды. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1947.
- Магакьян И. Г. и др. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1972.
- Минералы, справочник, т. 1, Изд. АН СССР, 1960.
- Мирзоян Г. Г. О находке муассанита в магматических породах Северной Армении. ДАН АрмССР, т. III, № 2, 1971.
- Павленко А. С. и др. К вопросу об алмазоносности гипербазитовых поясов Армении. «Геохимия». № 3, 1974.
- Пароникян В. О. К минералогии Ахталского полиметаллического месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол.—геогр. наук, т. XV, № 6, 1962.
- Пароникян В. О., Матевосян А. Ш. Самородный мышьяк из Амасийского месторождения Армянской ССР. ДАН АрмССР, т. XLI, № 4. 1965.
- Петровская Н. В. Самородное золото. «Наука», М., 1973.
- Пиджян Г. О. Медно-молибденовая формация руд Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1975.
- Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. Изд. ИЛ, М., 1962.
- Рузматов С. Р. Форма нахождения серебра и золота в рудах медно-молибденового месторождения Калмакыр—Узб. геол. журнал, № 4, 1961.
- Фарамазян А. С. Каджаранское медно-молибденовое месторождение. В кн. «Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР», Изд. АН АрмССР, Ереван, 1974.
- Хачатурян Э. А. Минералогия, геохимия и генезис руд колчеданной формации Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1977.
- Callow K. J., Worellq B. W. The occurrence of Telluride minerals at the Acupan gold Mine, Mountain province, philippines,—Econ. Geol., 1965, v. 60.

АРСЕНИДЫ, АНТИМОНИДЫ, ВИСМУТИДЫ

Группа никелина — никелин

Группа лёллингита — лёллингит
саффорит
раммельсбергит

Группа скуттерудита—хлоантита
хлоантит

Никелин—NiAs, гексагональная сингония, образует удлиненные, шаровые и неправильной формы выделения: Тв.—5—5,5. Микротвердость: $H_{cf} = 449 \text{ кгс/мм}^2$ (412—489 кгс/мм²). Цвет бледно-медно-красный. Блеск металлический. Уд. вес 7,3—7,7.

В отраженном свете—R высокий. Коэффициент отражения для красных лучей составляет 58,5—59,5%. Цвет кремово-розовый, светло-желтовато-розовый. Отчетливо анизотропный, в розово-желтых-зеленоватых тонах. Двуотражение слабое. Твердость средняя, больше таковой халькопирита, но ниже пирита, как у хлоантита. Рельеф выше миллерита. Спайность не наблюдается. При скрещенных николях характерен рисунок «ледяного узора».

Травится от HNO₃ (вскипает, бурет), от KMnO₄+HCl выявляется зональное или пластинчатое строение, от FeCl₃ и HgCl₂ слабо и медленно бурет.

Теоретический химический состав: Ni—43,92; As—56,08 (в %).

Спектральными анализами в минерале определены целые проценты Ni, As, иногда до одного процента Sb, десятые доли процента Co и Fe, сотые и тысячные доли процента Cu, Pb, Zn, Ag. Получена рентгенограмма (табл. 6), сходная с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

Никелин установлен в лиственитизированных основных—ультраосновных породах рудных зон Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1974), где он образует шлировые и гнездовидные включения. Никелин ассоциирует с миллеритом, хлоантитом и гарниеритом. Представлен овальными, каплевидными, шаровидными выделениями и концентрическими агрегатами с радиально-лучистым строением и размером 0,2—0,5 см. Эти агрегаты и выделения окай-

мляются и пересекаются прожилками хлоантита и миллерита. По этим минералам развиваются гарниерит, скородит, аннабергит и нередко эритрин. Наряду с другими никелевыми минералами (полдимит, миллерит, бравоит, вазсит) никелин обуславливает повышенное содержание Ni в породах и рудах.

Таблица 6

Межплоскостные расстояния никелина и хлоантита*

Н и к е л и н		Х л о а н т и т					
l	d α /n	l	d α n	l	d α /n	l	d α /n
6	2,632	10	6,40	3	2,17	2	1,553
5	1,778	9	3,18	8	1,966	3	1,525
5	1,490	9	2,97	5	1,892	6	1,450
5	1,328	5	2,72	5	1,778	4	0,963
4	1,248	5—7	2,55	2	1,719	3	0,925
5	1,035	6	2,31	6	1,666	2	0,872

* Анализы выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС-70, Cu-Ni—излучение, D-57,3; d—0,5, эксп. 3 ч.

Значительная часть никелевых минералов, по-видимому, образовалась за счет переотложения никеля из окружающих основных и ультраосновных пород, в связи с чем эти минералы обычно встречаются в метасоматических образованиях указанных околорудно измененных пород.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Лёллингит—FeAs₂, ромбическая сингония, образует призматические кристаллы, плотные зернистые массы. Имеет спайность по (010) и (101). Хрупкий, уд. вес 7,4—7,5, твердость 5—5,5. Микротвердость: Н_{ср} = 688 кгс/мм². Твердость и микротвердость меньше, чем у арсенопирита, но больше, чем у сафлорита. Непрозрачный, с металлическим блеском. Цвет серебристо-белый.

В отраженном свете белый со слабым голубоватым оттенком, по сравнению с арсенопиритом сильно проявлен синеватый оттенок, как у марказита. По сравнению с галенитом слегка желтоватый оттенок. Коэффициент отражения для красной части спектра составляет 50—54%. Слабо двуотражает, с цветным эффектом от синевато-белого до желтовато-белого. Эффекты анизотропии сильные в светло-синих и небесно-голубых—нежно-розовых и зеленых тонах.

От конц. HNO₃ травится скорее и лучше (становится слабо коричневым), чем арсенопирит. В отличие от арсенопирита, тра-

вится FeCl_3 (образует коричневый налет). Структура выявляется от травления конц. HNO_3 (5—10 сек), $\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$ (1:3; 15—30 сек). Выявляются двойники, зональность. Характерны ромбические сечения и звездчатые, зазубренные агрегаты. Химический теоретический состав: As—72,82; Fe—27,18 (в %). По микроспектральным анализам в лёллингите, кроме Fe и As установлены примеси Co, Ni, Sb, Cu.

Лёллингит установлен (Амирян Ш. О., 1960_{1,2}; 1974) в рудах Зодского золоторудного месторождения в ассоциации пирита, арсенопирита, раммельсбергита, герсдорфита и других арсенидов и сульфидов Ni, Co и Fe. Образует зернистые агрегаты с зубчатыми контурами, размером 0,01—0,05 мм. Тесные сростки образует с арсенопиритом. Является более поздним минералом, чем арсенопирит. Последовательность выделения и состав ассоциирующих минералов указывают на восстановительные условия минералообразования и относительно низкую концентрацию серы и повышенную концентрацию мышьяка. Наличие сульфидов, арсенидов и серицитизация пород возле пирит-арсенопирит-лёллингитовых жил говорят о щелочности рудоносных растворов.

Раммельсбергит— NiAs_2 ромбическая сингония. Встречается в виде массивных, зернистых агрегатов, реже—удлиненно-прямоугольными листочками и радиально-лучистыми или волокнистыми агрегатами. Обычно зерна сильно зазубренные. Твердость—5,5—6, уд. вес—7,1. Оловянно-белый, слегка розоватый. Непрозрачный. Имеет сильный металлический блеск.

В отраженном свете белый с желтым, розоватым оттенком. Розовый оттенок хорошо виден в сростках с арсенопиритом. Отражательная способность выше, чем арсенопирита, коэффициент отражения для обычного света составляет по Rg—58,7—61,7% и по Rp—52,8—53,1. Двухотражение в воздухе слабое, в масле усиливается. Анизотропный с цветным эффектом в розоватых, бурых, зеленоватых и голубых тонах. Твердость высокая. Микротвердость: $H_{\text{ср}} = 606 \text{ кгс/мм}^2$.

Травится от HNO_3 , буреет, чернеет; от FeCl_3 покрывается слабым коричневым налетом. Химический теоретический состав: Ni—28,15; As—71,85 (в %). Локальными микроспектральными анализами в минерале установлено много Ni и As и мало—Co, Fe, Sb.

Раммельсбергит установлен (Амирян Ш. О., 1974) в рудах Зодского месторождения в ассоциации с арсенопиритом, пиритом, лёллингитом, кобальтином и другими арсенидами и сульфидами Ni, Co и Fe. Представлен идиоморфными призматическими кристаллами с ромбическим сечением. В зернистых сростках кристаллические индивиды также обнаруживают тенденцию к удлиненным формам. По времени выделения более ранний, чем арсенопирит.

Находится в нем в виде идиоморфных включений. Размер кристаллических индивидов составляет 0,01—0,05 мм. Образуется под влиянием мышьяковистых растворов за счет Ni из вмещающих пород, так как очень часто встречается в теневых участках пород.

Саффлорит—(Co, Fe) As₂; ромбическая сингония. Обычно в виде игольчатых тройников и «саффлоритовых звездочек». Оловянно-белый до серо-белого с металлическим блеском. Со спайностью.

Твердость 4,5—5, уд. вес 7,2. Микротвердость 430—751 кгс/мм², при нагрузке 100—200 г.

В отраженном свете белый с нежным голубоватым оттенком. Интенсивность отражения больше, чем у пирита. Коэффициент отражения для зеленых лучей составляет 58%, для оранжевых—52%. Двухотражение в воздухе слабое и заметно по границам зерен и зернистых агрегатов, оно усиливается в иммерсии (в чисто белых, синевато-белых тонах). Анизотропия от среднего до сильного с цветным эффектом в нежно-розовых, зеленоватых тонах. Рельеф выше, чем у халькопирита, но ниже, чем у пирита. Полируется хорошо.

При травлении от HNO₃ слабо вскипает, от FeCl₃ коричневая побежалость. Структурное травление конц. HNO₃ в течение 2—3 до 15 секунд, при этом выявляется зональное строение, двойники. Хим. теоретич. состав для CoAs₂:Co—28,23; As—71,77; содержит до 18% Fe.

Микрохимией в минерале определены As и Co. Локальными спектральными анализами в нем определены Co, As (сильные линии), Fe, Ni, Cu (слабые).

Саффлорит установлен в рудах Арманисского золото-полиметаллического месторождения (Амирян Ш. О., 1972, 1974), где он находится в ассоциации с пиритом, халькопиритом, золотом, висмутином, тетрадимитом, алтаном и марказитом. Представлен мелкозернистыми агрегатами в полях и интерстициях зерен и агрегатов халькопирита. Последовательность отложения минералов в этой ассоциации такова: пирит, халькопирит, саффлорит, висмутин, тетрадимит, золото. Следующие за саффлоритом минералы замещают его и выполняют промежутки зерен саффлорита. Размер саффлоритовых агрегатов составляет 0,01—0,03 мм. В саффлоритсодержащих рудах содержание Co составляет 0,3%, а в остальных—0,001—0,003%. Практического интереса не представляет.

Хлоантит—(Ni, Co) As_{3-x}, кубическая сингония. Цвет оловянно-белый. Твердость 5,5—6, микротвердость—268—402 кгс/мм² при нагрузке 50 г. Уд. вес 6,5. Непрозрачный, с интенсивным металлическим блеском.

В отраженном свете цвет белый, на некоторых разрезах с

желтым оттенком. Интенсивность отражения высокая, как у пирита и чуть выше. Двуотражение незаметно. Изотропный. Внутренние рефлексy отсутствуют. Рельеф как у миллерита, ниже, чем у никелина.

Травится от HNO_3 , FeCl_3 , $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$, царской водки (кипение, почернение, побежалость). Различные зоны травятся с различной интенсивностью.

Химический теоретический состав: для NiAs_2 : Ni—28,13 и As—71,87; для CoAs_2 : Co—28,23 и As—71,77 (в %).

Микроспектральными анализами в минерале определены Ni, As; мало Co, Fe, Cu. Рентгенограмма приводится в табл. 6.

Хлоантит установлен на Зодском месторождении (Амирян Ш. О., 1974), где он ассоциирует с никелином, миллеритом, аннабергитом, гарниеритом. В виде идиоморфных кристаллов и зернистых агрегатов размером 0,01—0,05 мм. Самостоятельные выделения зонального строения. Совместно с миллеритом образует каемки вокруг выделений никелина. На непосредственном контакте развивается хлоантит, а затем миллерит. Нередко в виде прожилков развивается в агрегатах пирита, арсенопирита. Как и другие арсениды и сульфиды Ni и Co, образовался реакционным путем за счет Ni из пород и мышьяксодежжащих растворов. Практического интереса не представляет.

СУЛЬФИДЫ, СУЛЬФОСОЛИ И ИМ ПОДОБНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

1 КЛАСС. ПРОСТЫЕ СУЛЬФИДЫ

2 КЛАСС. СЛОЖНЫЕ СУЛЬФИДЫ (СУЛЬФОСОЛИ).

Простые сульфиды

Группа аргентита (акантита)—аргентит (акантит), штернбергит

Группа халькозина—халькозин

«—» хизлевудита—хизлевудит

«—» пентландита—пентландит

«—» галенита—галенит, алабандин

«—» сфалерита—сфалерит, гринокит, селенистый метацинна-
барит (онофрит)

«—» троилита—пирротин

«—» ковеллина—ковеллин

«—» киновари—киноварь

«—» миллерита—миллерит

«—» реальгара—реальгар

«—» линнеита—линнеит, полидимит

«—» стибнита—антимонит, висмутин

«—» аурипигмента—аурипигмент

«—» пирита—пирит (и мельниковит), бравоит, ваэсит

«—» молибденита—молибденит

«—» марказита—марказит

Аргентит (акантит)— Ag_2S . Теоретический состав: Ag—87,06%
S—12,94%. Содержит примеси: Cu, Fe, Pb. Сульфид серебра из-
вестен в двух полиморфных модификациях: кубическая—арген-
тит, устойчивая при температуре выше 179° , и моноклинная—
акантит, образующаяся ниже 179° . Согласно исследованиям Роя
и др. (R. Roy, A. Majumelal, C. W. Hulbe, 1959) аргентит как

таковой в природе нигде не был встречен, поскольку при температуре ниже 179° (температура инверсии) кубический аргентит полиморфно превращается в моноклинный акантит.

В рудах Ахтальского полиметаллического месторождения аргентит впервые упоминается Морганом (У. Morgan 1886). В настоящее время аргентит описывается во многих месторождениях и рудопроявлениях республики, принадлежащих к различным генетическим и формационным типам. В медно-молибденовой формации аргентит был установлен в более поздних и относительно низкотемпературных энаргит-теннантитовых рудах Анкавана (А. И. Карапетян, 1961), в полиметаллических рудах Анкавана (А. И. Карапетян, 1961), в полиметаллических рудах (в галените и реже блеклой руде Каджарана (С. А. Мовсесян, 1941), Дастакерта (И. Г. Магакьян), Агарака (Г. О. Пиджян, 1975) В колчеданно-полиметаллической формации аргентит является характерным рудообразующим минералом поздней борнит-теннантитовой ассоциации Шамлугского (И. Г. Магакьян, 1947) и Ахтальского (В. О. Пароникян, 1967) месторождений. Редкие выделения этого минерала отмечались также в полиметаллических рудах Каялинского, Азатекского (В. О. Пароникян, 1964), Гюмушханского, Газминского и Шаумян-Халаджского месторождений. Аргентит присутствует также в золото-теллуровой формации Сарнахпюрского (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян, 1962) и Меградзорского (Ш. О. Амирян, А. И. Карапетян, 1964) месторождений.

Почти во всех вышеупомянутых случаях аргентит описан как редкий минерал, небольшие размеры выделений которого резко ограничивают возможности их детального исследования. Наиболее крупные выделения акантита (размером до 0,1 мм в поперечнике) были найдены в борнит-теннантитовой ассоциации полиметаллических руд Ахтальского месторождения. Здесь аргентит тесно ассоциирует с штромейеритом, ялпаитом, стефанитом, которые вместе цементируют более ранние сульфиды—борнит, халькопирит, блеклую руду, галенит и сфалерит. Аргентит чаще всего образует каплевидные эмульсионевидные микровключения в штромейерите; более крупные зернистые массы с последним встречаются в субграфических срастаниях.

Аргентит полируется плохо, как штромейерит. Относительный его рельеф немного ниже, чем у последнего. Цвет в отраженном свете серо-белый, рядом с галенитом обладает нежным синевато-зеленым оттенком. Отражательная способность ниже, чем у галенита (для оранжевых лучей $R \approx 33\%$), но выше, чем у блеклой руды и заметно выше—штромейерита. Двухотражение и эффек-

ты анизотропии аргентита слабые, немного усиливаются в масле. Микротвердость аргентита из Ахталского месторождения составляет 47 кгс/мм². Сарнахпюрский акантит Н. С. Хачатряном и Б. Д. Акопян подтвержден рентгенометрическими исследованиями.

Аргентит—второстепенный, но широко распространенный минерал, который, как правило, совместно с другими сульфидами и сульфосолями серебра выпадает из растворов, завершающих рудные процессы. В парагенетическом ряду рудных минералов он является одним из наиболее поздних; образуется позднее галенита, блеклой руды, а также сульфоантимонитов и сульфвисмутитов свинца и меди. Аргентит описывается также в рудах зоны вторичного сульфидного обогащения (цементации) многих месторождений. Аргентит—характерный компонент и для эпитермальных (иногда переходных к мезотермальным) серебряно-свинцово-цинковых и серебряных месторождений Североамериканских Кордильер, в особенности их Мексиканской части.

Штернберgit— $\text{Ag}(\text{Fe}_2\text{S}_3)$ отмечен З. В. Рупасовой в рудах Каджаранского месторождения в виде мелких включений в полях галенита, а позднее Р. Н. Зарьяном в тесных сростаниях с аргентитом.

Детально не изучен.

Халькозин— Cu_2S ; название от греческого слова «халькос»—медь. Синонимы: медный блеск, ромбический халькозин. Согласно А. Г. Бетехтину, по прежним представлениям, ромбический халькозин выше температуры 91°C переходит в кубическую модификацию и обратно. Однако исследования Н. Бюргера показали, что при температуре выше 105°C ромбический халькозин превращается в гексагональную модификацию, которая в условиях высоких температур является неустойчивой и, возможно, переходит в кубический халькозин.

Химический состав согласно теоретической формуле Cu —79,8%, S —20,2%. Минерал обычно содержит примеси: Ag , иногда Fe , Ni , Co , As и Au . Присутствие некоторых из перечисленных элементов обусловлено механической примесью.

Для халькозина характерны толстые таблички и короткие столбики, а также кристаллы призматического и гексагонального габитуса. Минерал обычно фиксируется в виде сплошных тонкозернистых масс или вкрапленников в псевдоморфозах по борниту, халькопириту, иногда ковеллину, пириту и др.

Цвет халькозина свинцово-серый, блеск-металлический. Твердость 2—3. Слабо ковков. Спайность несовершенная по (110). Уд. вес 5,5—5,8. Хороший проводник электричества.

Цвет халькозина в полированном шлифе белый, с голубоватым (примесь ковеллина) или розоватым (присутствие борнита) оттенком. Цвет и отражательная способность минерала изменчивы и зависят от условий образования и различных примесей. Отражательная способность колеблется в пределах от 29 до 22%. Ромбический халькозин анизотропен со слабым эффектом анизотропии, который обнаруживается при неполной скрещенности николей. Кубические разновидности минерала изотропны; двуотражение отсутствует.

При травлении на халькозин положительно действуют: HNO_3 (быстро вскипает и синее), KCN (быстро чернеет), FeCl_3 и HgCl_2 действуют слабо; HCl и KOH не действуют.

Гипогенный халькозин в рудах месторождений Армянской ССР установлен и описан многими исследователями. Минерал в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом, борнитом, ковеллином, энаргитом, марказитом, блеклыми рудами, минералами висмута и теллура развивается в рудах колчеданной (Кафан, Тандзут), медно-молибденовой (Дастакерт, Джиндара, Анкаван) медно-мышьяковой (Аравус), полиметаллической (Ахтала), золото-сульфидно-теллуровой (Зод, Меградзор) формаций.

Наиболее часто халькозин встречается в рудах Кафанского месторождения. В тесной связи с коломорфным пиритом анизотропный халькозин в заметном количестве был установлен в рудах штокверка и жилы № 9 рудника № 6 Кафана. Сферические стяжения или раздробленные агрегаты пирита обычно заполнены и замещены медным блеском, что позволяет говорить о более позднем выделении последнего по отношению к раннему пириту (рис. 17).

Халькозин в рудах Кафанского месторождения находится в различных парагенетических соотношениях с другими сульфидами. Как отмечает Р. Н. Зарьян, в халькозин-борнитовой стадии минерализации минерал находится в тесной ассоциации с борнитом, ковеллином, пиритом и халькопиритом. В небольшом количестве халькозин встречается в жилах и прожилках теннантит-энаргитовой и пирит-халькопиритовой стадий вместе с борнитом, энаргитом, теннантитом, пиритом и халькопиритом.

Гипогенный халькозин проявляется в двух модификациях: кубической и ромбической. Обычно превалирует кубическая модификация. Иногда кубический и ромбический халькозин встречаются совместно с отчетливыми взаимопереходами, при этом происходит частичное замещение агрегатов кубического халькозина ромбическим с образованием решетчатой структуры.

Далее Р. Н. Зарьян отмечает, что при максимальных увеличениях в халькозине и ковеллине иногда отмечаются ангедральные включения синего кубического халькозина-дигенита.

П. Рамдор синий изотропный халькозин-дигенит называет неодигенитом.

Формула дигенита, согласно Н. Бюргеру, Cu_9S_5 или $\text{Cu}_{1,8}\text{S}$.

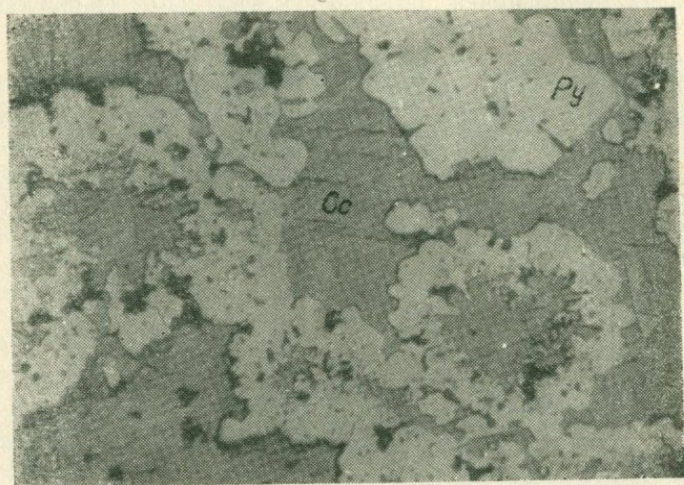


Рис. 17. Халькозин (Cc) цементирует и частично замещает сферические стяжения пирита (Py). Месторождение Кафан. Аншлиф, $\times 115$, по Э. А. Хачатуряну.

Спектроскопически в халькозине в качестве примесей устанавливаются: Mn, Ti, Pb, Ag, As, Zn в количестве от тысячных до сотых долей процента.

В двух пробах кафанского халькозина химические анализы показали содержание Se 0,0120 и 0,0045% и Te 0,0060 и 0,0110%. В анкаванском халькозине, согласно Г. О. Пиджяну, установлено содержание Ge 0,0008%, Se 0,0140% и Te 0,0090%.

Эндегенные халькозиновые руды известны на месторождениях Бьютт (Монтана, США), Чукикамата, Гуанако, Талталь (Чили), Колкихирка (Перу), Лонгбан (Швеция) и др.

Халькозин в рудах Армянской ССР имеет практическое значение как один из источников меди.

Хизлевудит— Ni_3S_2 . Сингония тетрагональная.

Встречается в виде неправильных зерен, иногда крючковатых выделений размерами до 0,5, реже 1 мм в ассоциации с аварунитом.

Цвет—бледно-желтый, светлее халькопирита. Блеск металлический. Относительный рельеф заметно ниже аварунита. Твер-

дость—4. Отражательная способность высокая, несколько выше пирита (визуально около 60%). Двухотражение слабо заметно. Анизотропия пятнистая, колеблется от слабой до умеренной с цветным эффектом от темно-серого до светло-кремового. В тонких шлифах непрозрачен, обладает магнитными свойствами. Из реактивов действуют HNO_3 (конц.), KOH , не действуют— HCl и царская водка.

Теоретический состав: Ni —73,3%, S —26,7%.

В хизлевудите из аподунитового серпентинита Шоржинского массива количественным спектральным анализом обнаружены следующие элементы-примеси (в %): Si —0,032, Al —0,0018, Mg —0,001, Fe —0,75, Ti —0,0018, Mn —0,00032, Co —0,01, Cu —0,01. Содержание Fe в хизлевудите, вероятно, объясняется наличием тесных сростаний с аварунитом, Mg и Si —связаны с механическими примесями силикатов, а Ti , Mn , Co и Cu изоморфно замещают Ni^{2+} в решетке хизлевудита.

Межплоскостные расстояния описываемого хизлевудита (табл. 7) совпадают с таковыми хизлевудита из Тасмании по Берри и Томпсону (1962) и Пикоку (1947).

Таблица 7

Межплоскостные расстояния хизлевудита из аподунитового серпентинита Восточно-Шоржинского массива*

Линии п.п.	l	d, Å	Линии п.п.	l	d, Å	Линии п.п.	l	d, Å
1	2	7,31	11	1	(2,23)	21	3	1,294
2	1	5,77	12	6	2,04	22	3	1,228
3	3	(4,52)	13	1	2,01	23	1	1,198
4	9	4,08	14	1	1,943	24	1	1,195
5	4	(3,15)	15	1	1,925	25	2	1,166
6	3	5,02	16	10	1,817	26	3	1,125
7	10	2,88	17	3	1,768	27	4	1,100
8	1	2,62	18	9	1,661	28	6	1,086
9	3	2,53	19	1	1,484	29	4	1,018
10	6	2,38	20	3	1,358			

* Анализ выполнен в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС-55, $\text{FeK}\alpha$ —излучение, D —57,3; d —0,3, эксп. 3 ч.

Хизлевудит обычно образует тесные сростания с пирротинитом и особенно часто с аварунитом (рис. 18), за счет которого, по-видимому, и образуется. При изменении хизлевудит превращается в миллерит, который выделяется в виде пластинок.

Хизлевудит довольно редкий эпимагматический акцессорный минерал, встречающийся только среди серпентинизированных дунитов, перидотитов и серпентинитов СВ побережья озера Севан (Абовян, 1966). Источником серы и никеля, вероятно, являлись сами ультрамафиты.



Рис. 18. Хизлевудит (Chiz) в сростании с аварунитом (Av). Месторождение Шоржа. Анишлиф, х40, по С. Б. Абовяну.

Практического значения хизлевудит не имеет, однако, его ассоциация с аварунитом указывает на возможную платиноносность ультрамафитов Армянской ССР.

Пентландит— $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$ сингония кубическая. Теоретический состав: Fe—32,55%, Ni—34,22%, S—33,23%. Постоянно присутствует—Co (до 3%), реже Se и Te. Для руд Армянской ССР пентландит является редким минералом. Установлен в тех гидротермальных месторождениях, которые залегают среди основных и ультраосновных пород, главным образом офиолитового пояса Севано-Амасийской зоны—Зод (Ш. О. Амирян, 1974), Амасия (С. Б. Абовян, В. О. Пароникян, А. Ш. Матевосян, 1971). Пентландит в небольших количествах отмечен и в габброидных породах Арамазского массива, в которых он образует редкие вкрапленники, а также микропрожилки в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом, пирротинном и миллеритом.

Наиболее часто пентландит встречается в ультраосновных по-

родах, габбро и анортозитах Амасийского рудопоявления, а также в кварц-антимонитовых и кварц-реальгар-аурипигментовых рудах. В последнем случае сульфид никеля и железа обособлен от сульфидов сурьмы и мышьяка и составляет более раннюю парагенетическую ассоциацию совместно с пиритом, марказитом, пирротин и лёллингитом. Количество пентландита иногда составляет 3% поверхности полированного шлифа.

Пентландит образует кристаллически-среднезернистые, иногда также тонкозернистые почковидные—перекристаллизованные агрегаты. Цвет его в отраженном свете кремово-коричнево-белый, похож на пирротин, но несколько более светлый. Отражательная способность выше, чем у пирротина и немного ниже, чем у пирита. Полируется хорошо, относительный рельеф заметно ниже, чем у пирротина. Пентландит из Амасийского месторождения подтверждается рентгенометрическими исследованиями (С. Б. Абоян, В. О. Пароникян, А. Ш. Матевосян, 1971) (табл. 8).

Для Армянской ССР пентландит практического значения не имеет.

Таблица 8

Межплоскостные расстояния пентландита из Амасийского месторождения*

l	dz n	l	dz n
2	2,86	5	1,528
9ш	2,55	1	1,306
7ш	2,32	1	1,249
5	2,02	1	1,222
1	1,95	2	1,098
10ш	1,72	2	1,058
1	1,637	1	1,018
2	1,585		

* Анализ выполнен в лабора.ории ИГи АН Армянской ССР, аналитик Э.Х.Хуршудян. Условия съемки: Fe α_3 , эксп.— 4 ч., камера RKD, D—57.3.

Галенит—PbS, кубическая сингония. Галенит—широко распространенный минерал. Наряду с пиритом, халькопиритом и сфалеритом является одним из основных минералов многих рудных месторождений Армянской ССР. Являясь как бы сквозным минералом, галенит встречается во всех формациях руд. В свинцово-цинковой формации руд он является главным минералом.

Форма выделений галенита в рудах разнообразна. В ассоциации с блеклой рудой, сфалеритом и халькопиритом он слагает жилы, гнезда и неправильной формы обособления. Порой галенит образует крупные, почти мономинеральные скопления (свинчак, месторождение Круглая Шишка).

По морфологическим особенностям выделений галенита различают следующие разновидности: крупнозернистый, слагающий сплошные агрегаты; мелкозернистый, перекристаллизованный, встречающийся в основном в местах нарушений рудных тел; крупнокристаллический с четко ограниченными кристаллами, представляющими обычно комбинацию куба и октаэдра. Эта морфологическая разновидность встречается в пустотах жил совместно с другими минералами. Среди кристаллов встречаются кубы, кристаллы тригонной формы, скелетные и таблитчатые кристаллы. Кристаллы галенита в большинстве имеют микроступенчатое строение, вызванное весьма совершенной спайностью минерала (рис. 19).

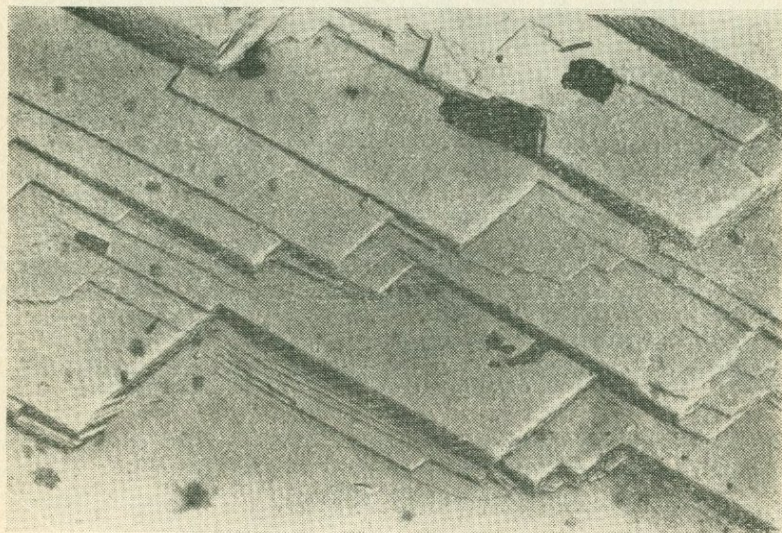


Рис. 19. Отчетливо выраженная спайность кристалла галенита. Месторождение Ахтала, х6600 (электронная микрофотография), по А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

Под электронным микроскопом видны линии спайности в галените и треугольники выкрашивания; при этом плоскости спайности часто имеют шероховатую поверхность. Изредка встречаются колломорфные выделения галенита в виде почек в кварцсфалеритовых рудах. При этом, как правило, периферическая часть почек состоит из галенита, а ядро — из сфалерита (рис. 20).

Среди перетолженных выделений галенита в основном встречаются кристаллы кубического габитуса. На их гранях хорошо

развиты воронки и ступеньки роста. Ступенчатое строение галенита характерно для основной массы изученных кристаллов; оно наглядно и при электронно-микроскопическом исследовании этих кристаллов (рис. 21). Вершины некоторых кубических кристаллов притуплены октаэдрическими гранями.

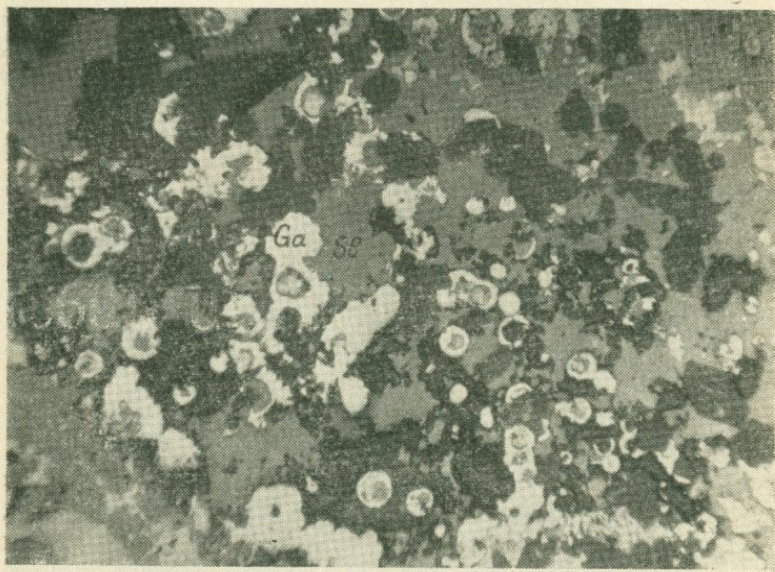


Рис. 20. Коллоидные образования галенита (Ga) и сфалерита (Sl) в кварц-сфалеритовой массе. Месторождение Ахтала. Аншлиф, $\times 90$. По А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

В зависимости от преобладания тех или иных граней, кристаллы галенита сохраняют общий кубический, кубооктаэдрический или октаэдрический облик. При росте кристаллов галенита наблюдаются повсеместно сростки двух, трех кристаллов. Сращиваются кристаллы либо по углу, либо по ребру.

Твердость по микровдавливанию галенитов из разных месторождений измерялись на приборе ПМТ-3. Замеры галенитов проводились на полированных шлифах; результаты приводятся в табл. 9 (по А. А. Коджояну).

Данные измерений микротвердости галенита не согласуются с существующими представлениями, согласно которым с увеличением содержания в нем серебра повышается его твердость.

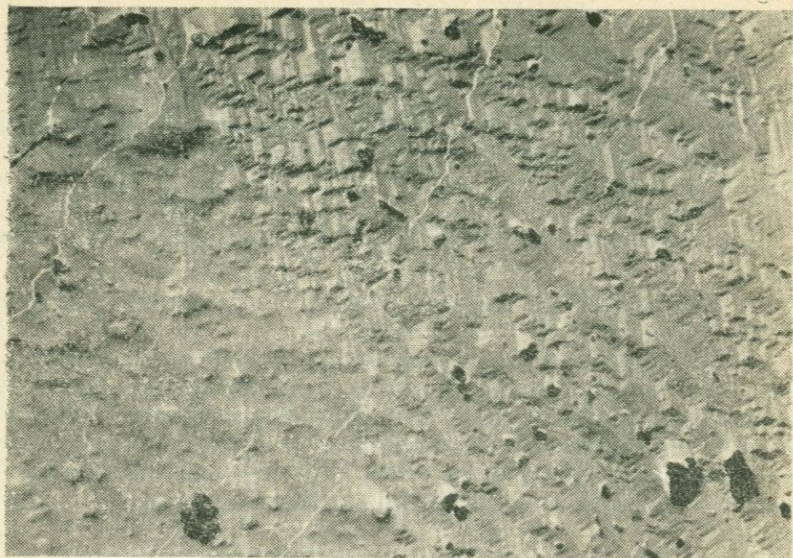


Рис. 21. Ступенчатое строение поверхности кристалла галенита. Месторождение Ахтала, х6600 (электронная микрофотография). По А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

Замеры твердости галенита по микровдавливанию

Таблица 9

Месторождение	Содержание Ag в %	Микротвердость в кгс/мм ²		По шкале Мооса
		от—до	средняя	
Круглая Шишка	0,068	77,3—80,3	79	2,5
Ахтала	0,034	62,4—66,0	64	2,0
Марцигет	0,030	68,0—71,5	69	2,0
Ардви	2,3	71,0—78,0	74	2,3

Теоретический состав галенита: Pb—86,60%, S—13,40%. Галениты содержат в качестве примесей широкий спектр элементов. Наиболее характерными элементами-примесями являются Ag, Bi, Sb, Cu, Se, Te. Известно, что Se изоморфно замещает серу и образует непрерывный ряд галенит (PbS)—клавсталита (PbSe).

Pb	Bi	Fe	Mn	Co	Cu	As	Tl	In	Se	Te	S	Σ
85,70	0,001	0,14	не обн.	не обн.	0,02	0,022	0,0003	0,0024	0,007	не обн.	13,20	99,09

* Анализ произведен в ИГН АН АрмССР аналитиком С. А. Дехтрикян.

Химический состав галенита из массивных руд месторождения Круглая Шишка приведен в табл. 10.

Содержание элементов-примесей в пределах одного месторождения постоянно, но в целом для региона галениты характеризуются значительными количественными изменениями элементов-примесей, что, естественно, является отражением условий образования минерала. Ниже в табл. 11 и 12 приводятся содержания элементов-примесей в галенитах из различных рудных месторождений.

Данные анализов позволяют говорить об особенностях состава галенита. Главным минералом-носителем серебра в рудах является галенит. Галенит из различных месторождений характеризуется неодинаковой величиной сереброносности. Содержание Au и Ag в галенитах Зангезурского рудного района приведено в табл. 13. Наиболее обогащены серебром галениты Шаумянского месторождения—0,071% (см. табл. 13). Неравномерное содержание серебра в галенитах связано, по-видимому, с относительным распространением в рудах минералов серебра. Среди них установлены: аргентит (Ахтала, Шаумян, Газма, Гюмушхана), ялпайт, штрөмейерит (Ахтала), самородное серебро (Шаумян, Ахтала, Гюмушхана и др.).

Самородное серебро в преобладающем большинстве случаев встречается в виде мельчайших включений в ассоциациях с галенитом, блеклой рудой, аргентитом. Наибольшие концентрации самородного серебра встречаются в массивных свинцовых рудах Гюмушханского месторождения, где оно в виде мелких чешуек рассеяно в интерстициях зерен галенита. Висмут, сурьма, селен, теллур являются постоянными и характерными примесями галенитов. Содержание этих элементов-примесей в галенитах из различных месторождений не испытывает существенных колебаний. В большинстве случаев эти примеси присутствуют в очень низких концентрациях. Их присутствие в галенитах скорее всего связано с наличием примесей собственных минералов этих элементов.

Таблица 11

Химический состав галенитов месторождений Зангезурского
рудного района (в %)

№ № проб	Cu	Pb	Zn	Bi	Fe	S	Se	Te	Сумма	Месторож- дение	Автор
72/38—57	0,85	85,25	0,25	0,20	—	13,40	0,0048	0,0046	100,36	Каджаран	Караяян К. А.
8/А—58	0,10	85,85	—	0,08	—	13,70	0,0030	0,0014	97,7841	Каджаран, уч. Аткиз	Фарамазян А. С.
27/1/59*	0,26	86,10	—	0,54	—	13,42	0,055	0,18	101,676	Каджаран	—, —
55/38/57*	0,54	85,13	—	0,18	—	13,06	0,030	0,014	101,98	—, —	—, —
32/70	0,02	84,00	1,0	0,011	0,32	13,66	0,0050	0,0175	99,63	Дастакерт	Караяян К. А.
1—15/2/67	0,41	86,20	1,15	0,0032	0,10	13,50	0,003	0,0024	99,81	Тей	—, —

* В пробе 27/1/59 1,12 % нераств. ост., в пробе 55/38/57 1,44 % нераств. ост.

Результаты химических анализов галенитов из различных
месторождений Армении (в %)*

Месторож- дения	Элементы—примеси						
	Ag	Bi	Se	Te	Fe	Cu	Cd
Ахтала	0,034	не. обн.	0,003	не. обн.	0,025	0,10	не. обн.
Шаумян	0,071	0,109	—	0,25	0,042	0,134	0,042
Марцигет	0,038	0,0015	0,004	не. обн.	не. обн.	0,12	не. обн.
Привольное	0,022	0,001	0,007	не. обн.	0,14	0,02	не. обн.
Газма	0,035	0,0085	0,006	0,005	не. обн.	0,01	0,013
Гюмушхана	0,05	0,008	0,009	0,006	не. обн.	0,04	0,012

* Анализы выполнены в химической лаборатории ИИН АН АрмССР Бозояном О. А. по образцам А. А. Коджояна.

Таблица 13

Содержания Au и Ag в галенитах месторождений Зангезурского
рудного района.

№ пробы	Месторож- дение	Au, г/т	Ag, г/т	Автор
70м/75	Тей	нет	1102,8	Карамян К. А.
63м/75	—	8,4	1149,0	
47м 75	Тастакерт	5,1	369,0	Фарамазян А. С. Амирян Ш. О., Тунян Г. А.
27. I/59	Каджаран	41,73	154,6	
	Тей	62,0	589,9	

Так, под микроскопом в галените были обнаружены включения различных теллуридов, сульфосолей и др.

Галенит наряду с пиритом, халькопиритом и сфалеритом является одним из основных минералов, принимающих участие в сложении полиметаллических рудных тел.

Местоположение галенита в процессе минерализации резко варьирует. Так, в медноколчеданных месторождениях отложение галенита в основном происходит в конечные стадии минерализации, в то время как в свинцово-цинковых месторождениях галенит чаще отлагается в начале процесса рудоотложения, но позднее сфалерита.

Галениты образуют значительные скопления в сульфанти-

монидовых рудах, где дают тесные сростания с бурнонитом, буланжеритом, семсейнитом, цинкенитом, блеклой рудой и другими сульфосолями. Эти минералы нередко образуют вокруг зерен галенита реакционные каемки.

Содержание галенита в рудах изменяется в широких пределах. В наибольшем количестве он установлен в существенно свинцово-цинковых месторождениях (Круглая Шишка, Газма, Гюмушхана). В несколько меньшем количестве — в собственно полиметаллическом месторождении Ахтала. Значительно меньше его содержится в рудах медно-цинковых месторождений (Шаумян).

Галенит в рудах полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений ассоциирует со сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой и другими более редкими минералами. С сульфидными и жильными минералами галенит образует в основном гипидиоморфнозернистые структуры сростания. При этом отчетливо проявляется разьедание галенитом ранее выделившихся минералов (пирита, халькопирита, сфалерита). Особенно бросается в глаза выдержанность отношения галенита к сфалериту во всех формациях руд и всех месторождениях, несмотря на различие геологоструктурной обстановки, в которой они формировались. Сфалериты и галениты являются минералами-спутниками в месторождениях. Несмотря на свое сквозное распространение, они являются яркими формационными показателями. На всех месторождениях четко отмечается последовательность отложения этих минералов. Галениты образуются всегда после образования сфалеритов. Галенит повсеместно располагается на стыках между разноориентированными зернами сфалерита; в промежутках между ними, замещает сфалерит (рис. 22). Эти взаимоотношения выдерживаются на всех месторождениях и при любых относительных количествах сфалерита и галенита.

В галенитах проявляются нередко следы пластической деформации. На месторождении Марцигет часто агрегаты галенита, расположенные в призальбандовой части жил, под воздействием пострудных подвижек подверглись явлениям пластической деформации. Взаимоотношение галенита с нерудными минералами, в частности, с кварцем, весьма противоречиво. Часто он заполняет полости между идиоморфными зернами кварца. Иногда галенит сильно корродирует агрегаты кварца, образуя своеобразный рисунок, напоминающий ячеистую структуру. В свою очередь галенит повсеместно разьедается и замещается поздним кварцем.

В участках окисленных руд галенит замещается англезитом, который покрывает его тонкой пленкой. На месторождении Марцигет в результате окисления галенита вдоль плоскостей спайности образуется оригинальная решетка англезита (рис. 23).

Галенит представляет промышленный интерес в рудах многих

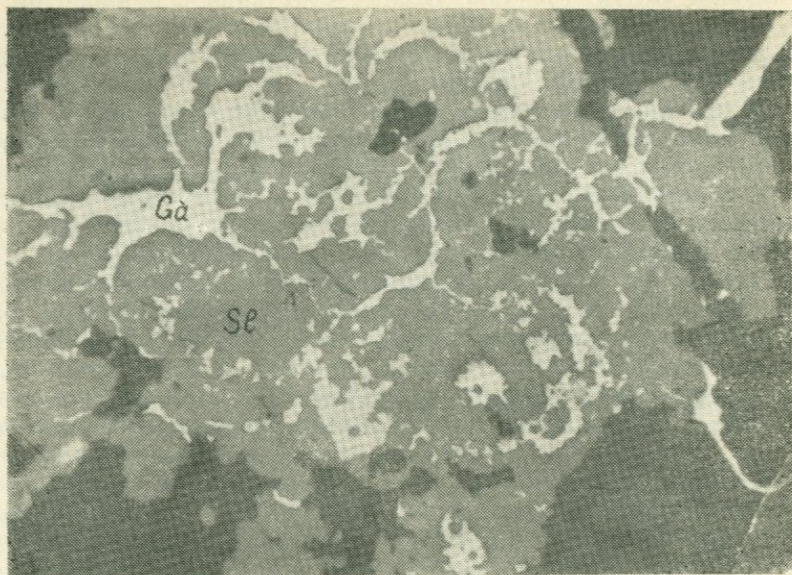


Рис. 22. Узорчатые выделения галенита (Ga), цементирующие сфалерит (Sl). Фигуры замещения повторяют первоначально гелевую структуру сфалерита. Месторождение Ахтала. Аншлиф, $\times 120$. По В. О. Пароникяну.

полиметаллических, свинцово-цинковых и колчеданных месторождений республики.

Алабандин—MnS. Теоретический состав (в %): Mn—63,2, S—36,8. Алабандин является редким минералом медно-молибденовых руд Зангезурского рудного района. Установлен только на Дастакертском месторождении (К. А. Карамян, 1957).

Встречается в виде самостоятельных прожилков и небольших жил в тесной ассоциации с родохрозитом и гидрокарбонатом марганца образуя сложные алабандин-родохрозитовые колломорфные почки (рис. 24).

Алабандиновые прожилки пересекаются более поздними прожилками кальцита. Вдоль контакта кальцитовых прожилков с алабандином отмечаются образования краевых каемок мельниковит-пирита. В массивных алабандиновых прожилках отмечаются в весьма небольших количествах пирит, мельниковит, халькопирит, энаргит, галенит.

Алабандин имеет макроскопически темно-зеленый до черного цвет. В крупных агрегатах строение гипидиоморфнозернистое. Раз-

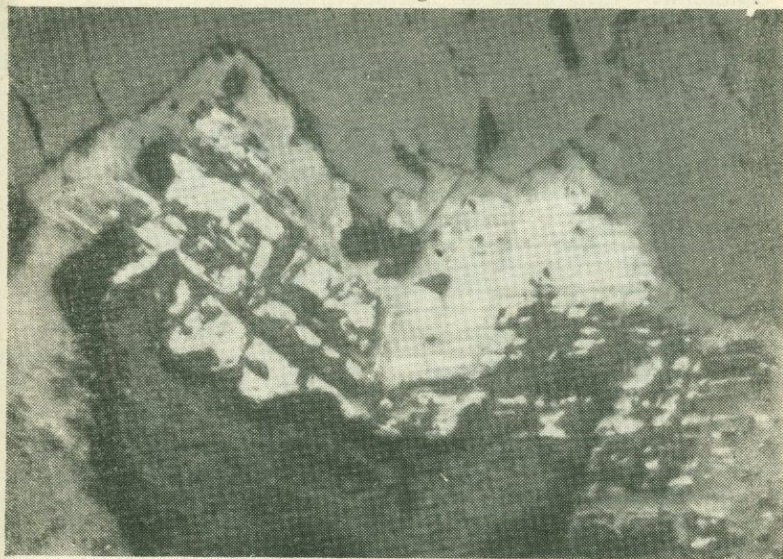


Рис. 23. Окисление галенита (белое) вдоль плоскостей спайности с образованием решетки англезита светло-серое. Серое—сфалерит. Черное—дефекты шлифа. Месторождение Марцигет. Уч. Марц. Полированный шлиф. Ув. 165.
По А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

мер кристаллов достигает 1,0 см в поперечнике. Нередко наблюдаются хорошо выраженные трещины спайности, треугольники выкрошивания обычны. На дневной поверхности алабандин тускнеет и покрывается землистым налетом. При воздействии соляной кислоты бурно вскипает с интенсивным выделением сероводорода.

В отраженном свете алабандин серый, значительно светлее сфалерита. R—25%, обладает характерными густо-зелеными внутренними рефlekсами.

Результаты химического анализа алабандина Дастакертского месторождения, выполненного в лаборатории ИГН АН Арм. ССР, приведены в табл. 14.

Как видно из табл. 14, алабандин Дастакертского месторождения по составу весьма близок к теоретическому.

В табл. 15 приводится рентгенограмма алабандина из Дастакертского месторождения.

Спектральным анализом в алабандине установлены следующие элементы-примеси: Ti—0,001%, Cr—0,1%, Pb—0,1%, Ag—0,003%, Bi—0,01—0,03%.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Сфалерит— ZnS широко распространен в колчеданной и полиметаллической рудных формациях республики, менее развит в медно-молибденовой, свинцово-цинковой и золото-сульфидной рудных формациях.

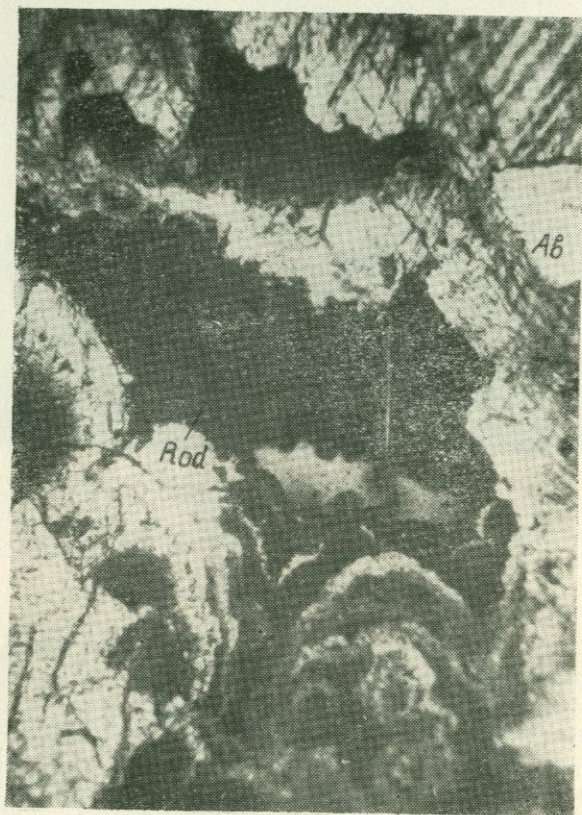


Рис. 24. Строение сложной родохрозит (Rod)—алабандиновой (Ab) почки. Месторождение Дастакерт. Прозрачный шлиф, х24. По К. А. Карамяну.

Химический анализ алабандина Дастакертского месторождения (в %) Таблица 14

Мп	S	Сумма	Месторож- дение	Аналитик	Автор
63,0	37,27	100,27	Дастакерт	С. Дехтри- кян	К. А. Карамян

Межплоскостные расстояния алабандина из Дастакертского месторождения*

№ № линий	I	$d\alpha/n$
1	10	2,59
2	9	1,863
3	4—5	1,500
4	4—3	1,300
5	3—6	1,165
6	6—5	1,064
7	4	0,894
8	1—3	0,845

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, Cu-Ni—излучение, D—57,3 d—0,5, эксп. 6,5 ч.

Изучались агрегаты и редкие кристаллы сфалерита параллельно с изучением рудных формаций, составными которых они являются, и описаны в работах И. Г. Магакьяна, Э. А. Хачатуряна, Р. Н. Зарьяна, В. О. Пароникяна (в рудах колчеданной формации), Г. О. Пиджяна, К. А. Карамяна, А. С. Фарамазяна, А. И. Карапетяна (в рудах медно-молибденовой формации), В. О. Пароникяна, Г. О. Григоряна, А. А. Коджояна, (в рудах полиметаллической и свинцово-цинковой формаций), Ш. О. Амиряна, А. И. Карапетяна (в рудах золото-полиметаллической формации).

Сингония сфалерита кубическая, но обычные зернистые агрегаты (рис. 25), а кристаллы встречаются сравнительно редко и имеют тетраэдрический облик (рис. 26). В рудах отдельных колчеданных (Алаверди) и полиметаллических и свинцово-цинковых (Марцигетская группа) месторождений наблюдались колломорфные концентрически-зональные образования сфалерита (рис. 27).

Среди разновидностей сфалерита самой распространенной является разность обыкновенной цинковой обманки буровато-коричневого цвета; значительно реже встречается светло окрашенная в зеленовато-желтый цвет разность—клеюфан (Гюмушханское, Азатекское и др. месторождения) и совсем редко—темная, почти черная разность—марматит (в скарных месторождениях бассейна р. Гехи).

Методом гомогенизации газово-жидких включений О. Г. Маданян определил температуру кристаллизации сфалерита Личкваского и Каджаранского месторождений. Для светлого сфалерита Личкваса получена t 165—170°C, для темного сфалерита Личкваса и Каджарана t 210—215°C.

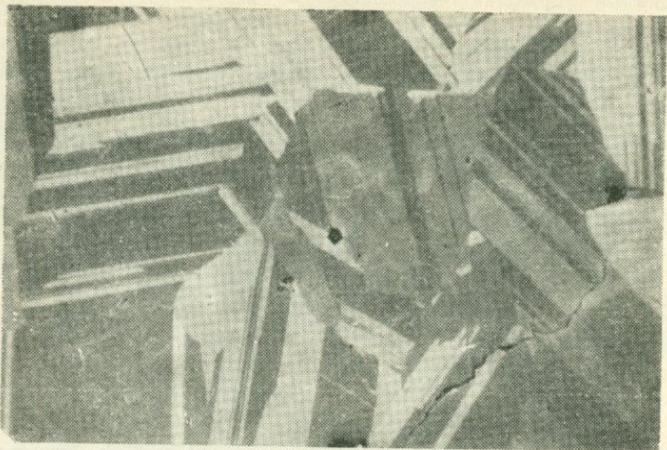


Рис. 25. Кристаллический агрегат сфалерита с полисинтетическими двойниками. Месторождение Гюмушхана. Аншлиф, $\times 230$. По В. О. Пароникяну.

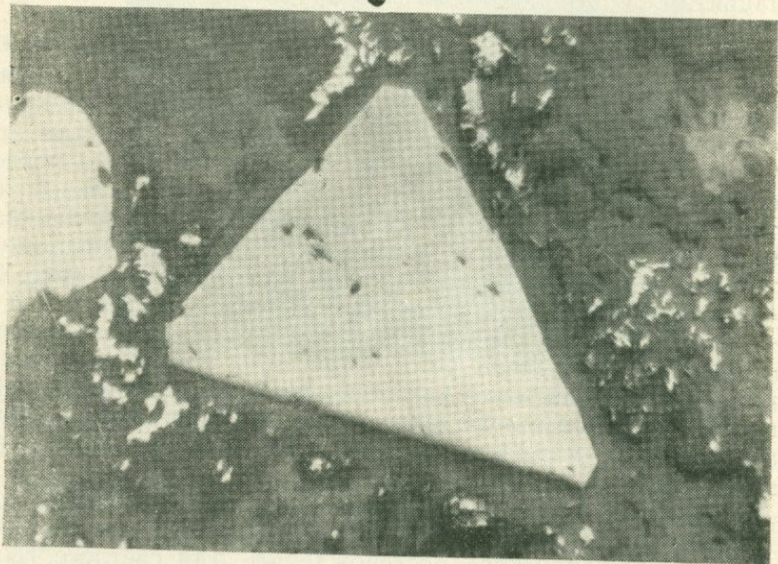


Рис. 26. Кристалл сфалерита с эмульсией халькопирита. Месторождение Привольное (участок Выючный). Аншлиф, $\times 165$. По А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

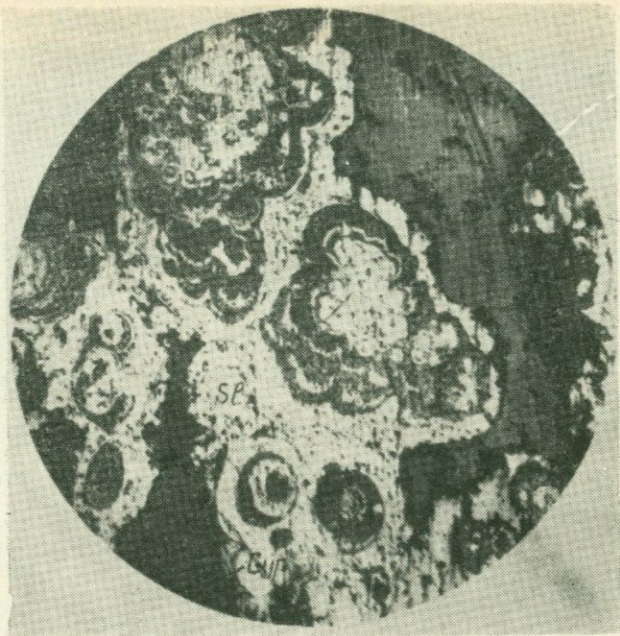


Рис. 27. Колломорфные зоны сфалерита (SI) чередуются с зонами гипса (Gyp). Месторождение Алаверди. Аншлиф, $\times 400$. По И. Г. Магакяну.

По общепринятому мнению считается, что при переходе от светлых разновидностей сфалерита к темным увеличивается содержание железа.

Теоретический состав сфалерита, отвечающий формуле ZnS (в %): Zn —67,06; S —32,94%; наиболее обычные изоморфные примеси (с содержанием до неск. %)— Fe , Mn , Cd . В меньших количествах—обычно тысячные-сотые доли %, присутствуют: Ga , Ge , In , Hg , Tl , Co . Иногда в связи с механическими примесями и эмульсионной вкрапленностью в сфалеритах отмечаются: Cu , Sn , Bi , Sb , Ag , Au и др.

Зернистые агрегаты сфалерита состоят из изометричных или несколько удлиненных зерен размером 1—2 мм, редко более крупных; хорошо образованные кристаллы встречены на Газминском месторождении в жеодовых пустотах кварца и кальцита, имеют тетраэдрический облик и размеры до 5 мм, часто ассоциируют с кристаллами галенита.

Для сфалерита характерна совершенная спайность по (110), раковистый излом, алмазный блеск, твердость—3,5—4 (средняя).

Сфалерит в полированных шлифах имеет относительный рельеф ниже, чем у пирита, но выше рельефа халькопирита и галенита, данные о микротвердости сфалерита из различных месторождений Армянской ССР приведены в таблице 16 (по В. О. Пароникяну, определения произведены на установке ПМТ-3, эталон NaCl).

Таблица 16

Результаты измерений микротвердости сфалеритов из месторождений Армянской ССР

Месторождение	Количество измерений	$H_{\min}$ кг/мм ²	$H_{\max}$ кг/мм ²	$H_{\text{ср}}$ кг/мм ²	G	V, %
Алаверди	19	175	317	266	39,5	14,8
Шамлуг	57	187	307	247	24,9	10,0
Ахтала	137	156	266	218	20,8	9,5
Шаумян—Халадж	49	189	286	236	18,6	7,8
Привольное	82	152	277	216	24,7	11,4
Личкваз—Тей	60	199	283	234	16,7	7,1
Каялу	41	199	296	246	20,3	8,2
Газма	44	205	260	238	18,0	7,6
Гюмушхана	18	189	269	232	24,0	10,3
Азатек	46	199	280	239	21,2	8,9
Итого:	553	152	317	231	21,5	9,3

Черный	96	220	262	241
Буровато—черный	70	207	253	234
Коричневый	26	222	252	237
Желтовато—коричневый	35	201	236	220
Красно—бурый	58	207	250	219
Желтый	44	227	240	234

В аншлифах цвет сфалерита серый с голубоватым или коричневатым оттенком, R 17—18%, внутренние рефлексy от желтых и коричневых до бурых, иногда зеленоватых и красновато-бурых. Минерал изотропный. Очень характерна в сфалерите эмульсионная вкрапленность халькопирита, реже пирротина, станнина; в свою очередь, сфалерит в виде точечной эмульсии (рис. 28) и характерных «звездочек» образует структуры распада твердых растворов в халькопирите (рис. 29).

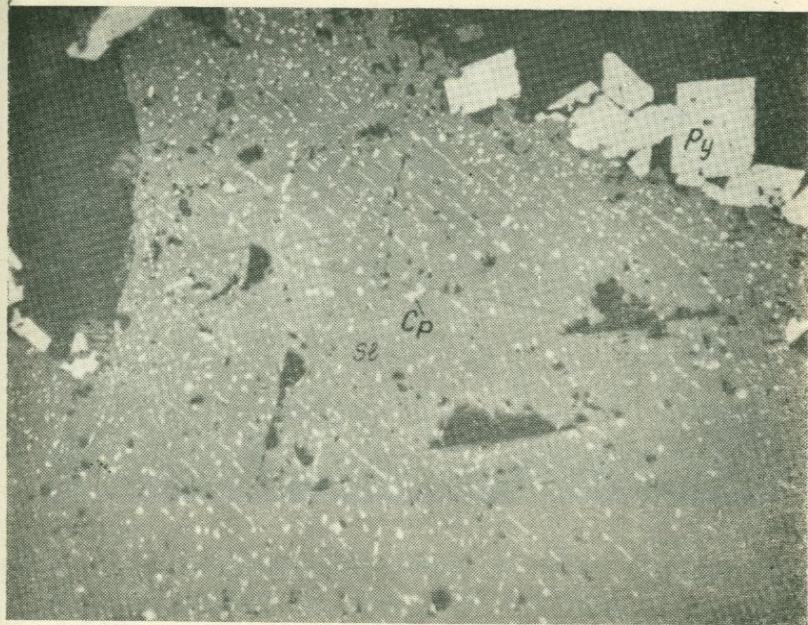


Рис. 28. Эмульсионно-ориентированная структура распада халькопирита в сфалерите. Месторождение Тей. Аншлиф, $\times 120$. По К. А. Карамяну.

Ниже по данным Н. С. Хачатряна и В. О. Пароникяна в таблицах 17, 18, 19, 20 приведены средние химические составы и содержания элементов-примесей в сфалеритах полиметаллических месторождений Армянской ССР.

Как выясняется, в сфалеритах колчеданной формации имеет место повышенное содержание германия и галлия, в то время как в полиметаллической формации сфалериты обогащены висмутом, сурьмой, мышьяком и ртутью.

Все сфалериты, независимо от формационной принадлежности заключающих их руд, обогащены серебром и золотом (в особенности в рудах месторождений Зод, Шаумян, Халадж, а также Азатек, Личквас-Тей, Лалигюх и др.).

Значения элементарной ячейки сфалеритов полиметаллических руд Армянской ССР варьируют в небольших пределах— 5,39—5,41 Å. Структура агрегатов сфалерита (рис. 30) выявляется травлением в парах царской водки (выявляются полисинтетические двойники), минерал травится также HNO_3 (буреет).

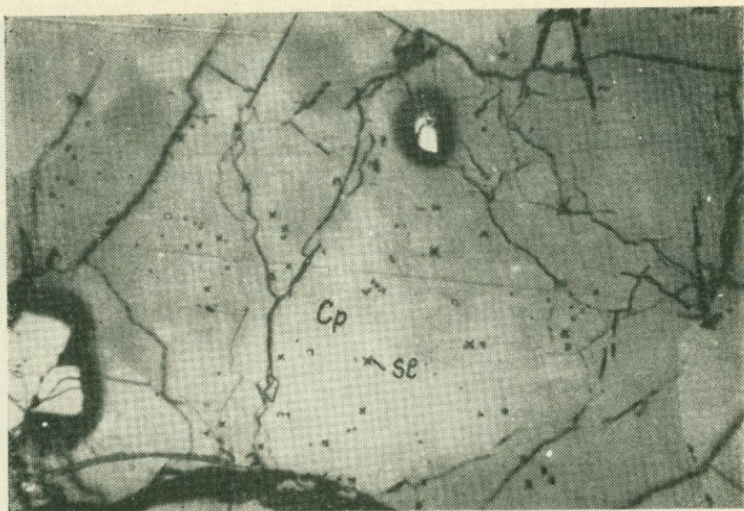


Рис. 29. «Звездочки» распада сфалерита в халькопирите. Месторождение Каялу. Аншлиф, $\times 180$. По В. О. Пароникяну.

Наиболее значительные концентрации сфалерита (в ассоциации с пиритом, халькопиритом и галенитом, блеклыми рудами) установлены в Армянской ССР на месторождениях Шаумян—Халадж, Ахтала, Газма, где они представляют практический интерес.

На электронно-микроскопических снимках поверхности кристаллов сфалерита ясно заметно ступенчатое строение (рис. 31).

Гринокит или кадмиевая обманка— CdS , сингония гексагональная. Встречается обычно в порошковатых налетах, корочках, изредка мелких кристаллов пирамидальной, призматической или таблитчатой формы.

Спайность ясная по $(10\bar{1}0)$ и несовершенная по (0001) , излом раковистый, блеск алмазный, до смолистого. Хрупок, твердость 3—3,5, уд. вес 4,9—5. Цвет желтый, оранжевый до красного, черта оранжево-желтая до кирпично-красной. Минерал полупрозрачный, в катодных лучах люминесцирует.

В аншлифах цвет светло-серый с зеленоватым оттенком, R для зеленых лучей 18,5%, для оранжевых 17%, для красных 16%, внутренние рефлексy оранжево-красные или желтые, слабо анизотропный.

В прозрачных шлифах оптически одноосный, положительный;

Таблица 17

Средние химические составы сфалеритов полиметаллических месторождений
Армянской ССР*

Формация	Месторождение	Кол. проб	Содержания компонентов в %								
			Zn	Cd	Fe	Cu	Pb	Mn	S	NO	Σ
Колчеданно-полиметаллическая	Ахтала	1	66,69	0,30	0,78	0,67	0,64		29,68	1,20	100,68
	Джргалидзор	3	65,21	0,22	0,44	0,05	0,58	0,21	32,70	0,42	99,82
	Тауш	2	64,92	0,23	0,67	0,06	0,86	0,17	32,46	0,53	99,90
	Шаумян	2	62,14	0,39	0,72	0,41	0,47	0,06	32,24	3,69	100,12
	Лалигюх	2	63,29	0,30	2,16	0,10	0,47	0,16	32,79	0,54	99,80
	Мовсес	2	5,65	7,95	0,30	0,23	4,22		30,86	0,54	99,75
Свинцово-цинковая	Привольное	1	62,93	0,24	2,15	0,09	1,03	0,25	32,65	1,02	99,76
	Марц	2	65,48	0,28	0,85	0,03	0,17	0,03	32,65	0,29	99,78
	Арманис	1	61,69	0,35	1,75	0,39	2,81	0,15	31,60	0,99	99,93
	Круглая Шишка	1	63,82	0,24	0,86	0,23	1,86	0,02	32,15		99,84
	Маймех	1	61,08	0,22	1,28	0,42	1,65	0,06	31,20	3,90	99,74
	Агверан	2	64,19	0,31	1,57	0,07	0,16	0,03	32,81	0,43	99,57
Полиметаллическая	Газма	19	63,77	0,31	1,67	0,21	0,44	0,20	32,39	1,13	100,12
	Гюмушхана	1	61,33	0,63	3,36	сл.	сл.	1,46	32,11	0,93	99,86
	Чирахлу	1	60,30	0,51	4,80	0,12	0,80	0,18	32,55	0,51	99,97
	Мазра	2	63,13	0,53	0,60	0,19	2,82	0,02	31,15	1,52	99,97
	Аравус	5	65,29	0,44	0,74	0,14	0,22	0,08	32,46	0,42	99,79
	Личкваз	4	62,86	0,32	1,85	0,19	0,61	0,16	32,73	0,90	99,62
В т. ч. колчеданная свинцово-цинковая полиметаллическая формация		8	64,55	0,27	0,61	0,22	0,63	0,18	32,14	1,36	99,96
		5	63,88	0,28	1,29	0,15	1,21	0,10	32,34	0,65	99,90
		35	63,62	0,35	1,59	0,17	0,50	0,20	32,35	1,04	99,82

* Вычислены на основании данных Н. С. Хачатряна.

Таблица 18

Средние содержания элементов-примесей в сфалеритах полиметаллических руд
Армянской ССР по данным пробирных (Au, Ag) и химических анализов
(по В. О. Пароникяну)

Месторождение	Содержания элементов в г/т																	
	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$	n	$\bar{X}$		
	Au		Ag		Se		Te		Bi		Ge		Ga		In		Cd	
Шамлуг	2	0,67	2	23,9	5	26	5	5,0	1	не обн.	8	9,4	5	95	3	не обн.	6	3000
Ахтала	4	0,25	13	73,8	12	130	12	52	6	не обн.	20	15	14	144	12	9,3	14	5600
Мургузская зона					11	31,5	11	3,9			11	6,7	4	140	7	9,1	13	1900
Шаумян—Халадж	14	23,4	14	325,6	14	35	14	240	4	6,5	34	11	18	104	28	24	16	5000
Итого	6	0,39*	15	67,1	42	60	28	24,7*	11	2,4	73	11,3	41	120	50	16,9	49	4100
Привольное					6	63	6	33	4	14	11	1,4	12	3,2	6	30	7	1700
Марц					9	26	9	не обн.					11	11,0	7	20	11	3100
Итого					15	40,7	15	3,2	4	14	11	1,4	23	6,9	13	24,5	18	2500
Каялу	3	0,4	5	15,5	4	25	4	8,5	4	25	6	1,3	6	19,5	5	10	5	3400
Газма	14	0,1	14	5,7	18	9,7	18	6,5	9	2	14	3,4	27	1,4	10	5,2	28	3000
Азатек	1	0,1	2	50,3	5	19	5	14	2	не обн.	6	1,6	6	39	3	20	4	3700
Гюмушхана	3	0,56	5	95,4	3	не обн.	3	не обн.			6	6,9	6	16	6	16	4	5400
Личкваз—Тей					5	60	5	77	5	420	1	3,3					2	5500
Мовсес					1	18	1	5			1	21	1	60	1	12	2	79500
Далигюх					9	67	9	33			9	1,1	2	25	10	19	11	3500

Содержание Au и Ag в сфалеритах Зангезурского рудного района

№ пробы	Месторождение	Au г/г	Ag г/г	А в т о р
15м/75	Каджаран	1,6	132	Карамян К. А.
64м/75	Каракаидзор	нет	93	— " —
8	Агарак	нет	240	Пиджян Г. О., Фарамазян А. С.
9	Агарак	нет	290	— " —
78ам/75	Личкваз	6,0	63,0	Карамян К. А.
63м/75	Тей*	12,0	75,0	— " —
76м/75	— " —	2,0	5,0	— " —
8	— " —	39,6	240,0	Амирян Ш. О., Тунян Г. А.

* Среднее по Тею из 8 анализов.

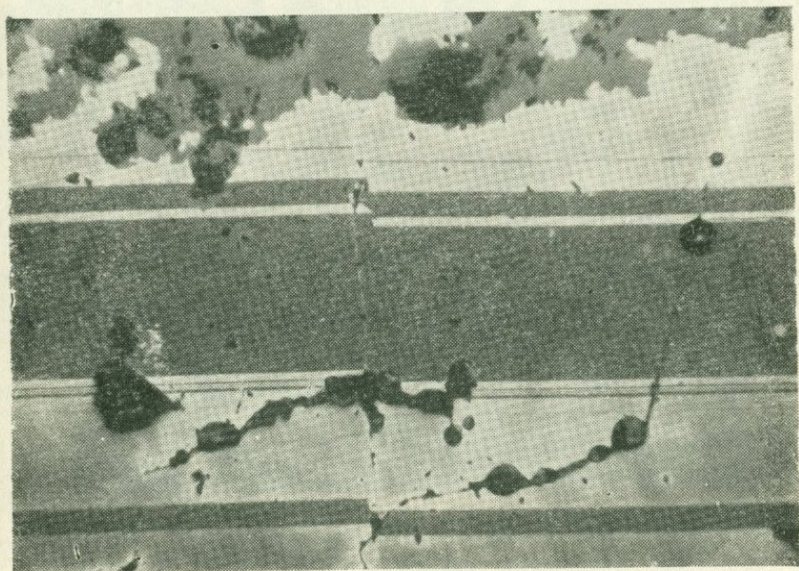


Рис. 30. Полисинтетический двойник сфалерита нарушен микросбросом. Протравлено в парах царской водки. Месторождение Марцигет, участок Првашен. Аншлиф, х90. По А. А. Коджояну, Св. С. Мкртчян.

Разности сфалеритов	Zn	Cu	Pb	Bi	Fe	Cd	Mn
Сфалерит темно-бурый	58,38	2,13	3,55	—	2,12	—	0,0085
—, — светло-бурый	61,33	1,23	0,55	—	1,40	0,24	0,28
—, — черный	63,00	—	—	—	2,76	0,34	0,30
—, — бесцветный	66,82	—	—	—	0,04	0,64	—
—, — кирпично-красный	66,76	—	—	—	0,13	0,36	—
—, — коричневый	63,9	1,02	0,10	0,0042	2,15	0,66	—
—, — черный	60,0	0,25	—	—	5,49	—	—
—, — черный	62,90	0,80	—	—	3,27	0,52	—
—, — бурый	62,95	—	—	—	2,75	—	—
—, — темно-медовый	65,10	—	—	—	1,83	—	—
—, — светло-медовый	66,60	0,20	0,12	—	0,55	—	—
—, — темно-бурый	63,37	0,32	—	—	1,56	0,27	—



Рис. 31. Ступенчатое строение поверхности кристалла сфалерита. Месторождение Ахтала. Ув. 18000 (электронная микрофотография). По А. А. Коджояну и Св. С. Мкртчян.

она

S	Se	Te	Jn	Ga	Ge	Сумма	Место- рождение	Автор
33,24	0,0008	0,0005	—	—	—	99,4463	Каджаран	Карамян К. А.
33,65	0,0002	0,0002	—	—	—	98,68	—	—
33,86	—	—	—	0,0024	—	100,4024	—	Фарамазан А.
33,48	—	—	—	—	—	99,98	—	—
32,57	—	—	—	0,0001	0,0018	99,8228	—	—
32,49	0,071	—	—	—	—	100,3542	Дастакерт	Карамян К. А.
34,16	0,003	0,0024	—	—	—	99,6554	—	—
32,79	0,0075	сл.	—	—	—	100,36	Айгедзор	—
34,60	0,001	0,001	—	—	—	100,302	—	—
32,70	0,001	0,001	—	—	—	99,632	—	—
33,4	0,003	0,002	—	—	—	100,5552	Агарак	—
33,47	0,0130	—	—	—	—	99,12	—	—

в желтом свете $Ng=2,529$; $Nm=2,506$; $Ng-Nm=0,023$.

При сильном прокаливании с содой дает красно-бурый налет CdO , при растворении в HCl и HNO_3 выделяется H_2S , издающий резкий запах.

Теоретический химический состав: $Cd-77,81\%$, $S-22,19\%$, иногда примесь In .

В Армянской ССР впервые отмечен Н. С. Хачатряном и Б. Д. Акопян (1960) в рудах Мовсесского месторождения в ассоциации со сфалеритом и галенитом, где образует ксеноморфные агрегаты в петельчатых или мирмекитовых сростаниях со сфалеритом.

Выделения гринокита размером до 0,08 мм развиваются преимущественно там, где имеются микровключения доломита и кальцита в виде тонких каемок вокруг этих карбонатов.

Хотя гринокит описывается обычно как гипергенный минерал зоны окисления сульфидных месторождений, но в нашем случае ассоциация его со свежими не окисленными сфалеритом и галенитом скорее свидетельствует о его гипогенном, гидротермальном происхождении в ассоциации с необычно богатым кадмием (Cd до 8,37%) сфалеритом.

В СССР описан из руд месторождений Кзыл-Эспе (КазССР), Кан-Сай, Обисорбух (Средняя Азия), Сибай (Ю. Урал), в некоторых свинцово-цинковых рудах ГССР, а из зарубежных месторождений—в рудах Бишоптаун (Шотландия), Пршибрам (Чехословакия), Лаврион (Греция), Пенсильвания (США) и др.

В месторождениях Армянской ССР практического значения не имеет, детально не изучен в связи с редкостью и малыми размерами выделений.

Селенистый метациннабарит (онофрит)—Hg (S, Se). Сингония кубическая.

Коренные выходы киноварь-метациннабаритовых руд обнаружены в 1967 г. в районе Сисианского (Биченагского) перевала, в Сисианском районе Армянской ССР (А. Г. Мидян).

Минерализованные зоны, представленные маломощными прожилками и гнездышками, залегают среди вулканогенно осадочной толщи средне-верхнего плиоцена и генетически, вероятно, связаны с магматизмом липарито-дацитового состава этого возраста.

В составе руд преобладают кварц и метациннабарит с небольшой примесью киновари.

Метациннабарит образует мелкокристаллические агрегаты с характерным алмазным блеском, темно-серого до черного цвета. Рентгеновское исследование минерала (табл. 21) и расчет параметра элементарной ячейки показали, что минерал представляет собой не чистый метациннабарит, а находится в изоморфном ряду метациннабарит (HgS) с $a_0=5,843 \text{ \AA}$ —тиманнит (HgSe) с $a_0=6,084 \text{ \AA}$.

Таблица 21

Межплоскостные расстояния метациннабарита*

l	d	hkl	l	d	hkl
10	3,459	111	4	1,367	311
6	2,976	200	4	1,217	422
8	2,108	220	4	1,148	511
7	1,797	311	5	1,109	440
2	1,720	222	4	1,054	531
4	1,491	400	3	1,045	620

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: диффрактометр ДРОН-2, излучение Fe—Mn при режиме на трубке 25 кв, 6 мА, скорость сканирования 1°/мин.

Параметр, рассчитанный по исправленной внутренним стандартом (Si-элементарный) рентгенограмме, равен $5,968 \text{ \AA}$.

Приближенный количественный спектральный анализ (М. Я. Мартиросян) кроме основных компонентов—Hg и Se установил десятые доли % Sr, Fe, Zn, Te, сотые доли % Al, Ca, K и тысячные доли % Mg, Mn, Ni, Co, Ti, V, Zr, Co, Pb, Ag, Cd, Sn.

Полный химический анализ уточнил состав минерала (в %): Hg—86,0, S—7,4 и Se—7,1 сумма 100,5% (аналитик М. Давтян).

Таким образом, метациннабарит, описанный с Сисианского перевала (Вартанского месторождения) является селенистым метациннабаритом-онофритом с параметром 5,968 Å в изоморфном ряду метациннабарит-тиманнит.

Практического интереса в рудах Армянской ССР не представляет.

Пирротин— Fe_{1-x}S . Сингония гексагональная, хрупкий, твердость 3,5—4,5, цвет темный бронзово-желтый, блеск металлический, магнитен, хороший проводник электричества. В полированных шлифах цвет коричневато-розоватый, R для оранжевых лучей 37%, сильно анизотропный, двуотражение слабое, в иммерсии усиливается. Теоретический состав из формулы $\text{FeS} : \text{Fe} = 63,53\%$; $\text{S} = 36,47\%$. Примеси: Ni, Co, Cu и др.

В рудах Армянской ССР пирротин имеет небольшое распространение и относится к числу второстепенных минералов. Сравнительно значительные скопления его установлены в рудном поле Азатекского золото-сурьмяно-полиметаллического месторождения, где он образует обильную вкрапленность и небольшие гнезда в экзоконтактной зоне Каялинской интрузии (Г. О. Пиджян и др., 1963). Состав пирротина из этого месторождения характеризуется некоторым недостатком железа (Fe_7S_8) по сравнению с FeS , что вполне согласуется с данными П. Рамдора (1962) о постоянном наличии избытка серы, равным $1/6$ ее количества. В небольшом количестве пирротин установлен также в рудах Зодского (Ш. О. Амирян, 1974), Меградзорского, Тейского, Личкваского, Анкаванского, Агарацкого, Разданского, Каджаранского (М. П. Исаенко), Амзачиманского и др. месторождений (А. И. Карапетян, 1961; А. И. Карапетян, М. Т. Бояджян, 1970 и др.), в которых в своей основной массе представлен микроскопическими выделениями, связанными главным образом с рудами ранних (хромит-магнетитовая), средних (пирит-халькопиритовая), отчасти поздних (полиметаллическая) стадий минерализации. Особенно тесна ассоциация пирротина с пиритом, магнетитом, хромитом, ильменитом, халькопиритом, иногда с никелином, миллеритом, кубанитом, арсенопиритом, сфалеритом, галенитом, самородным железом.

В пирротине из Анкаванского месторождения медно-молибденовых руд установлены мельчайшие пластинки кубанита и халькопирита—продуктов распада твердого раствора. В рудах Азатекского месторождения (участок Северо-восточный) в ассоциации с пирротинном установлено самородное железо, которое является результатом гипогенного превращения пирротина в пирит ($2\text{FeS} \rightarrow \text{FeS}_2 + \text{Fe}$) (П. М. Асланян, А. И. Карапетян, Г. О. Пид-

жян, А. А. Садоян, 1976). В рудах же Кафанского месторождения вдоль пострудных даек габбро-диоритов установлена обратная картина: под воздействием дайки, в результате «сухого» перегрева колчеданных руд за счет пирита образуется пирротин: $2\text{FeS}_2 \rightarrow 2\text{FeS} + \text{S}_2 \nearrow$ (А. И. Карапетян, 1967).

В рудах Армянской ССР пирротин практического значения не имеет.

Ковеллин— CuS . Сингония гексагональная. Химический состав согласно теоретической формуле: Cu 66,46%, S 33,54%; устанавливаются примеси Fe , реже Se , Ag , Pb .

Образует зернистые агрегаты, состоящие из удлиненно-призматических, пластинчатых и чешуйчатых выделений размером 0,3—0,5 см. Спайность весьма совершенная по (0001) и ясная по (1010) гибок, твердость 1,5—2, уд. вес 4,67, цвет индигово-синий.

В отраженном свете цвет ковеллина колеблется от темно-синего до синевато-белого. Двухотражение очень сильное с ярко выраженным цветным эффектом. Параллельно (0001) минерал принимает сиреневый оттенок, а по направлению $\perp$ (0001) меняется до светло-голубых тонов со слегка розовым оттенком. Минерал сильно анизотропен с отчетливо выраженным цветным эффектом; в скрепленных николях в воздухе цвет ковеллина меняется от синего до красного или ярко-оранжевого (при диагональном положении пластинок). В масле этот эффект значительно усиливается.

По данным И. С. Волинского, среднее значение отражательной способности $R \approx 22-23\%$, $R_g \approx 26\%$, $R_p \approx 18\%$, $\Delta R_{\text{отн.}} \approx 36\%$.

При диагностическом травлении из числа стандартных реактивов положительно действует KCN (образуется фиолетово-красный налет) и частично царская водка (появление пузырьков газа и окрашивание в красный цвет).

Гипергенный ковеллин, как характерный минерал зоны вторичного сульфидного обогащения, в небольших количествах почти постоянно встречается в колчеданных, медно-молибденовых, полиметаллических рудах Армянской ССР.

Ковеллин гипогенно-гидротермального происхождения отмечен на Кафанском медном и Джиндаринском медно-молибденовом месторождениях в ассоциации с халькозином, борнитом и пиритом. Сравнительно детально изучен и описан гидротермальный ковеллин из Тандзутского серноколчеданного месторождения.

Минерал встречается на различных горизонтах месторождения—на центральном участке в обнаженной части основной линзы и в керне буровых скважин, примерно на вертикальном отрезке 100—150 м. С глубиной содержание ковеллина в рудах несколько увеличивается и в керне составляет 2—3%.

Ковеллин развивается обычно в тесной ассоциации с пиритом и энаргитом; с последним образует тесные сростания. Иногда наблюдаются признаки замещения пирита и энаргита ковеллином. Местами зернистые агрегаты гипогенного ковеллина подвергнуты механической деформации. В полированных шлифах фиксируются структуры смятия—изогнутые пластинки и чешуйки ковеллина (рис. 32).

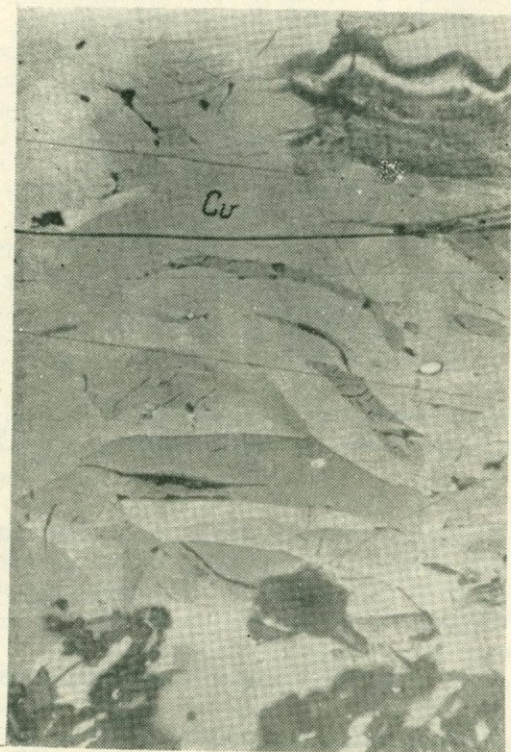


Рис. 32. Ковеллин (Cv) в пластинчатых изогнутых выделениях. Месторождение Тандзут. Аншлиф, $\times 200$. По Э. А. Хачатуряну.

Согласно П. Рамдору, признаки деформации зерен ковеллина являются редким явлением, что объясняется его поздним выделением из гидротермальных растворов.

Необходимо отметить, что в многочисленных полированных шлифах из руд Тандзутского месторождения признаки, указывающие на гипергенное происхождение ковеллина (каемки вокруг сульфидов или в их полях), отсутствуют.

Тандзутский ковеллин был подвергнут рентгенометрическому анализу методом порошка (табл. 22).

Таблица 22

Межплоскостные расстояния и относительные интенсивности ковеллина*

l	d^a/n	l	d^a/n
5	3,05	3ш	1,278
9	2,82	3	1,209
10	2,73	1	1,171
2	2,32	7	1,089
1	2,10	2	1,063
2	2,04	2	1,017
10	1,893	2ш	0,994
6	1,738	3ш	0,952
7	1,558	2ш	0,898
2	1,468	2	0,852
2	1,387	1	0,831
5ш	1,351		

Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 3 ч.

Наличие гидротермального ковеллина в колчеданных рудах и его ассоциация с другими сульфидами является вполне закономерным явлением. А. Г. Бетехтин, рассматривая парагенетические соотношения минералов в системах Cu—Fe—S и Cu—Fe—As—S, считает возможным совместное образование пирита, ковеллина и энаргита и допускает наличие в рудах бинарного парагенезиса ковеллин+пирит.

Гидротермальный ковеллин, по литературным данным, установлен и описан в рудах месторождений Бьютт (Монтана), Ред-Маунтинс и Сильвентон (Колорадо), Бисби (Аризона), Яурикоча (Перу), Цумеб и Кан (Юго-Западная Африка), Бор (Югославия), Альгеро (Сардиния) и др.

В рудах Армянской ССР гипогенный ковеллин встречается в весьма подчиненном количестве и практического значения не имеет.

Киноварь—HgS. Сингония тригональная. Кубическая модификация HgS носит название метациннабарит. Химический состав: Hg—86,2%, S—13,8%, другие элементы большей частью связаны с механическими примесями. Кристаллическая структура

имеет гексагональный облик. Киноварь встречается в виде мелких таблитчатых или ромбоэдрических кристаллов, иногда с гранями трапецоэдра. Чаще наблюдается в виде неправильных по форме зерен, иногда в сплошных массах, примазок, налетов.

В ртутных рудах Армении главным минералом является киноварь, составляющая 95% рудных минералов. Поэтому по минеральным ассоциациям ртутные руды северо-восточного побережья оз. Севан, бассейнов рр. Марцигет, Веди, а также участков Советашен, Кабахлу и Сисианского района относятся к киноварной формации; последняя во многих странах имеет важное промышленное значение для ртути.

Киноварь микроскопически представляет хрупкий минерал специфически красного цвета, меняющийся до буро-красного. Встречается большей частью ромбоэдрическими таблитчатыми кристаллами с характерными двойниками прорастания. Имеет совершенную спайность по призме и раковистый излом. В темноокрашенных разностях блеск алмазный, переходящий в металлический, в рыхлых разностях блеск матовый. Удельный вес киновари 8,0—8,2, твердость 2,5. Киноварь устойчива до температуры 680°, нерастворима в воде и серной кислоте, но легко растворяется в щелочах.

На Кясаманском рудопроявлении киноварь встречается прожилками, гнездообразными включениями и вкрапленниками. Размер кристаллов киновари варьирует от 1—2 мм до 5—6 мм, иногда достигая 1 см в поперечнике. На Буратапинском, Джанахмедском и других рудопроявлениях киноварь представлена примазками, прожилками и мелкими вкрапленниками. Главная масса киновари отлагалась в свободных полостях, а явления метасоматического замещения при ее образовании имели подчиненное значение.

Под микроскопом киноварь характеризуется серовато-белым цветом, средней отражательной способностью ($R=27-28\%$), низкой твердостью и характерными вишнево-красными внутренними рефlekсами. Киноварь очень тесно ассоциирует с кварцем и карбонатом, часто заполняя трещины и промежутки между этими минералами, в этом случае киноварь имеет ангдральную форму выделения, а кварц и карбонат сохраняют кристаллографические очертания своих граней. Киноварь Кясаманского рудопроявления часто в полированных шлифах представлена ясными кристаллическими очертаниями в виде ромбоэдров.

Из рудных минералов киноварь тесно ассоциирует с халькопиритом, сфалеритом, иногда с пиритом и гематитом. Местами наряду с прожилками и зернами киновари развиты изометрические кристаллы хромита и магнетита, однако никаких взаимоотно-

шений между зернами киновари и кристаллами указанных минералов не наблюдается.

В мономинеральных фракциях киновари спектральным анализом установлены железо, марганец, никель, титан, медь, свинец и серебро. Очевидно, только некоторые из указанных элементов присутствуют в киновари в виде изоморфных примесей.

Марганец, никель, медь, свинец и серебро, по всей вероятности, связаны с решеткой киновари, так как радиусы их атомов близко стоят к радиусу атомов ртути. По данным А. А. Саукова, медь обнаружена в киновари всеми без исключения исследователями. Изоморфизм этого элемента с ртутью широко распространен и для ртутных месторождений и проявлений Армянской ССР.

В ртутных рудах северо-восточного побережья оз. Севан отсутствуют такие минералы, как антимонит, реальгар и аурипигмент, которые в других ртутных месторождениях Советского Союза присутствуют в значительном количестве и составляют по минеральным ассоциациям определенные формации руд: антимонит-киноварную и киноварь-реальгаровую.

Киноварь может иметь практическое значение на некоторых месторождениях и рудопроявлениях Армянской ССР (северо-восточное побережье оз. Севан, Советашенское месторождение и др.), однако на основании небольшого объема поисково-разведочных работ трудно дать оценку и решить вопрос о перспективности и промышленной ценности ртутного оруденения большинства месторождений и рудопроявлений республики.

Миллерит—NiS. Сингония тригональная.

Встречается в виде тонких пластинчатых, реже изометрических выделений с неправильными, часто изрезанными контурами, а также игольчатых, волосовидных или радиально-лучистых образований размерами от 0,01 до 0,3 мм.

Цвет минерала латунно-желтый, по сравнению с халькопиритом светло-желтый. Блеск металлический. Хрупок, пластинки легко ломаются. Твердость средняя (280—343 кг/мм²), относительный рельеф выше халькопирита и ниже, чем у блеклых руд, никелина и хлоантита. Полируется хорошо, спайность наблюдается отчетливо; часты двойники. Отражательная способность несколько ниже пирита (50%). Максимальное значение R на кривой дисперсии отражательной способности наблюдается в области зеленой части спектра и в сторону фиолетовых лучей, R более резко уменьшается в области оранжевых и красных частей спектра (Пароникян, 1962). Двухотражение хорошо заметно на границе отдельных зерен—параллельно удлинению—кремово-желтый, перпенди-

кулярно—латунно-желтый. Сильно анизотропный в желтых и фиолетовых тонах. Угасание прямое, но неполное. Травится концентрированной HNO_3 . Остальные реактивы не действуют. Микрохимическая реакция Ni дает положительный результат.

Теоретический состав: Ni —64,7%, S —35,3%.

Миллерит в качестве акцессорного минерала обнаружен в серпентинизированных дунитах (рис. 33) и гардбургитах и чаще в

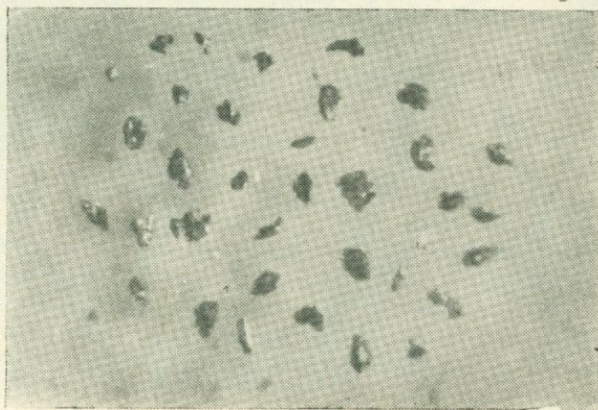


Рис. 33. Миллерит из протоочки аподунитового серпентинита. Джил-Сатанакский массив. Акцессорий, $\times 35$. По С. Б. Абовяну.

серпентинитах и хромитовых рудах, где он заполняет волосяные трещинки в хромшпинелидах, реже образует тонкие сростки с последними (Абовян, 1975). Встречен также на Зодском месторождении среди рудных тел, приуроченных к мафит-ультрамафитовым породам (откуда, вероятно, заимствован Ni) в виде тонких сростков в ассоциации с никелином (рис. 34), хлоантитом и гарниеритом и прожилков и каемок в пирите и халькопирите (Амирян, 1973). Кроме того, миллерит обнаружен на Ахталском полиметаллическом месторождении среди руд борнит-теннантитовой ассоциации в виде изометрических и пластинчатых выделений в халькопирите (Пароникян, 1962).

Практического значения для руд Армянской ССР не имеет.

Реальгар— As_4S_4 . Теоретический состав: As —70,08%, S —29,92%. Сингония моноклинная. Цвет оранжево-красный, буровато-коричневато-красный, реже розовато-красный. Излом стеклянный с жирным полуметаллическим блеском. Прозрачен.

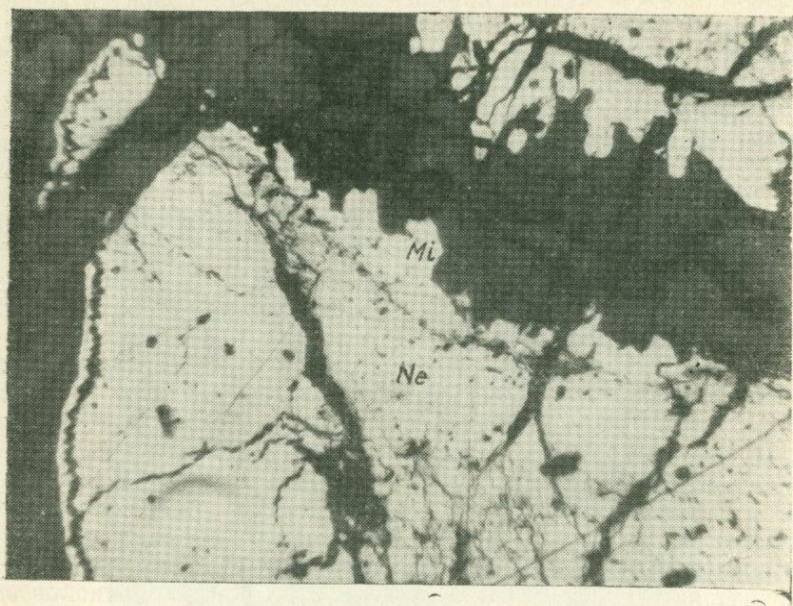


Рис. 34. Миллерит (Mi) в виде каемки вокруг никелина (Ne). Месторождение Зод. Аншлиф, х90. По Ш. О. Амиряну.

Реальгар является главным рудообразующим компонентом аурипигмент-реальгаровой формации, которая на территории Армянской ССР имеет ограниченное распространение. Этот тип минерализации установлен только в Севано-Амасийской (Амасия, Зод) и Памбак-Зангезурской (Агверан, Салвард) металлогенических зонах и не встречается в колчеданной эвгеосинклинальной Алаверди-Кафанской зоне с более древним (киммерийским) возрастом оруденения.

В Амасийском рудопроявлении аурипигмент-реальгаровая минерализация обособлена от кварц-антимонитовой, состоит из халцедоноподобного кварца (также таблитчатого белого барита), аурипигмента, реальгара и самородного мышьяка. В качестве реликтовых минералов более ранней минерализации, или же продуктов переотложения в парагенезисе встречаются пирит, марказит, пирротин, лёллингит, пентландит и хромит. Минерализация залегает среди сильно разрушенных пород офиолитовой формации, трассирующих разломную зону глубокого заложения.

На Аравусском рудном поле аурипигмент-реальгаровая минерализация развита более интенсивно в двух пунктах—Мазмазак и Салвард. В первом она наложена на теннантит-энаргитовую и полиметаллическую минерализацию, а во втором выступает обособленно, контролируясь жерлами молодых—миоплиоценовых вулканических пород. Состав руды: кварц, реальгар, реже аурипигмент, пирит и рутил. Оруденение, по всей вероятности, генетически связано с миоплиоценовым постскладчатым (субсеквентным) наземным магматизмом андезит-дацит-липаритовой формации. Аурипигмент-реальгаровую минерализацию можно отнести к группе регенерированных, как результат растворения и переотложения залегающего в глубине мышьяково-полиметаллического оруденения при термальной активизации разломной зоны глубокого заложения в миоплиоценовое время.

Реальгар из вышеуказанных объектов полируется обычно плохо с большим количеством микроцарапин. Относительный рельеф немного ниже, чем у аурипигмента и значительно ниже, чем у пирита. Цвет в отраженном свете белый с различными оттенками. На Амасийском рудопроявлении по этому признаку отмечаются две разновидности: I—обладает серым цветом с коричневым оттенком и желтовато-красными внутренними рефлексам, а II—серый с голубовато-синим оттенком и темно-красными внутренними рефлексам. Отражательная способность минерала умеренная, немного выше, чем у сфалерита (порядка 25%). Эффекты анизотропии отчетливо замечаются (из-за обильного проявления внутренних рефлексов) лишь на отдельных участках.

В реальгаре Мазмазакского участка Салвардского месторождения содержится As—69,75% и S—29,60% (автор К. А. Карамян, аналитик О. А. Бозоян).

В реальгаре из Аравусского рудопроявления (уч. Салвард) количественным спектральным анализом одной пробы установлено наличие примесей: Fe—1,1; Sb—0,048; Zn—0,017; Pb—0,013; Mn, Cu—0,009; Ti—0,01; V, Zr—0,0013; Mo—0,00022; Ag—0,00042; Bi—0,0006 и Ga—0,0003%. Для реальгара Амасийского рудопроявления характерными примесями являются Ni, Ti, Cr, Cu, Zn (табл. 23).

Межплоскостные расстояния реальгара (по В. О. Пароникяну), приведенные в табл. 24, сходны с таковыми из Лухумского месторождения ГССР (Минералы, т. 1, 1960).

В других регионах реальгар также является главной составной частью низкотемпературной—аурипигмент-реальгаровой минерализации, характеризующейся простым минеральным составом; в ассоциации с ними в небольших количествах встречаются пи-

Таблица 23

Содержания элементов-примесей в реальгаре из Амасийского рудопроявления (в %) по В. О. Пароникяну*

№ № проб	Ni	Co	Ti	Cr	Cu	Ag	Sb	Zn	Ce
1/1421	0,2	0,015	0,008	0,08	0,065	—	0,08	0,15	—
1424—в	0,002	—	0,0065	0,003	0,0015	—	—	—	—
1424—б	0,065	—	0,0065	0,045	0,02	0,0001	—	0,003	—
1424—с	0,065	—	0,0065	0,065	0,03	—	—	0,0045	—
1424—к	0,065	0,0065	0,0065	0,045	0,3	0,00015	—	0,0045	0,00065

* Приближенно-количественные анализы выполнены в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР.

Таблица 24

Межплоскостные расстояния реальгара из Аравусского рудопроявления*

l	d^{α}_n	l	d^{α}_n
4	5,95	6	2,475
10	5,40	2	2,394
2	4,60	5	2,475
3	4,04	5	2,250
3	3,71	4	2,188
10	3,16	3	2,126
5	(3,04)	6	1,852
8	2,91	4	1,693
8	2,72	3	1,520
5	2,59	4	1,578

*Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: диффрактометр ДРОН-2, $Co_{\alpha 5}$ —излучение при режиме на трубке 20 кв, 8 мА, скорость скаанирования 2°/мин.

рит, марказит, мельниковит-пирит, иногда арсенопирит, антимонит, киноварь, сфалерит и галенит (жильные минералы—халцедоноподобный кварц и карбонаты). Этот тип минерализации обычно завершает металлогенические циклы и приурочен к субсеквентному эффузивно-экструзивному магматизму (Дарри-даг, Нахичеванская АССР, Минкюле, Якутская АССР; Кагизман, Турция; Банат, Румыния, Тайова, Югославия и др.). В двух месторождениях реальгар ассоциирует с весьма редко встречающимися в природе сульфоарсенит-антимонитами таллия—гутчинсонитом (Бинненталь, Швейцария), лорандитом и врбаитом (Аллхар, Македо-

ния). Реальгар был отмечен в новообразованиях горячих минеральных вод Йеллоустонского парка (США), в лавах и возгонах Везувия и Явы.

Для территории Армянской ССР практического значения реальгар не имеет.

Линнеит— Co_3S_4 . Кубическая сингония. Серовато-белый, непрозрачный, с сильным металлическим блеском. Твердость 4,5—5,5, уд. вес 4,5—4,8.

В отраженном свете цвет минерала белый с кремовым оттенком. Интенсивность отражения между пиритом и халькопиритом. Коэффициент отражения для оранжевых лучей составляет 44%. Двухотражения не имеет, изотропный. Микротвердость: $H_{\text{ср.}} = 410 \text{ кг/мм}^2$. Рельеф выше халькопирита, пирротина, но ниже пирита и арсенопирита. Спайностью параллельно (100). Без внутренних рефлексов.

Травится от конц. HNO_3 (буреет), от HNO_3 (1:1) тускнеет от HgCl_2 —буреет. Микрохимия на Co положительна.

Теоретический химический состав: Co—57,96 %; S—42,04 %.

Локальными микроспектральными анализами в минерале определены сильные линии Co, слабые—Ni, Fe, Cu, Te, Bi, Ag.

Линнеит установлен в рудах Каджаранского (Е. А. Акопян, 1960; М. П. Исаенко), Дастакертского (К. А. Карамян, 1954), Зодского месторождений (Амирян Ш. О., 1960, 1974), Чибухлинского серноколчеданного (Э. А. Хачатурян, 1957) и в проявлении полиметаллической минерализации «Холодные родники» в Степанаванском районе. В последнем случае он в виде включений находится в пирите, из участков ультраосновных пород. На Зодском месторождении линнеит в виде самостоятельных рассеянных включений октаэдрического габитуса и прожилков, цепочковидных агрегатов, окаймляет агрегаты руд жильных и породообразующих минералов. Размер агрегатов варьирует в пределах от 0,05 до 1 мм. Обычно проявляется совместно с полидимитом, но по сравнению с ним является более поздним.

Линнеит замещается золотом, теллуридами, галенитом, халькопиритом, блеклой рудой. Наиболее часто встречаются сростки линнеит-полидимита с теллуридами. Внутренние пространства цепочковидных агрегатов обычно выполняются золотом и теллуридами. Видимо, в осаждении отмеченных минералов важное значение имеет химизм минералов и податливость линнеита и полидимита замещению. Линнеит в рудах Армянской ССР практического значения не имеет.

Полидимит— Ni_3S_4 . Кубическая сингония. Твердость 4,5—5. Уд. вес 4,83. Непрозрачный с металлическим блеском. Цвет стальной-серый, светло-серый.

В отраженном свете цвет светло-латунно-желтый, в сростках с пиритом и линнеитом розоватый, линнеит с нежным сиреневым оттенком. Интенсивность отражения выше, чем у линнеита, но ниже пирита. Коэффициент отражения для оранжевых лучей составляет 44,5% для красных—49%, чем и объясняется розовый оттенок по сравнению с линнеитом в совместных сростках. Двухотражение отсутствует, изотропный. Твердость как у линнеита. Микротвердость: $H_{\text{ср.}} = 370\text{—}450$ кгс/мм².

Травится от HNO_3 (коричневое пятно, иногда отрицательно), от HCl —капля желтеет. Микрохимия на Ni положительна. Химический теоретический состав: Ni 57,86 и S 42,14 (в %). Локальным спектральным анализом в нем определено Ni (много), Co , As , Au , Te , Bi , Ag , Cu . Золото, теллур, висмут, серебро, медь связаны с включениями собственных минералов, а Co , As —видимо, изоморфно замещают соответственно Cu и S .

Полидимит установлен только в полисульфидных рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1960, 1974) в ассоциации с линнеитом, арсенопиритом, золотом, теллуридами, бравоитом, вазситом и другими минералами Ni и Co . Особенно тесно он сростается с линнеитом. В таких сростках в иммерсии нередко наблюдаются различные оттенки цвета на разных срезах (от светло-серых, сиреневых до фиолетовых и розовых). Возможно, в таких случаях присутствуют и другие члены изоморфного ряда линнеит-полидимит. Размеры и формы выделений аналогичны линнеиту. Как и линнеит, часто замещается золотом и теллуридами (рис. 35). Вообще наблюдается тяготение последних к минералам Ni , Co , As и S .

Полидимит в рудах Армянской ССР практического интереса не представляет.

Антимонит— Sb_2S_3 . Сингония ромбическая. Теоретический состав Sb —71,38% S —28,62%, иногда содержит примеси: As , Bi , Ag , Pb , Fe , Cu . Уд. вес—4,63. Твердость 2. Цвет стально-серый, со временем на поверхности образуется коричневая и бурая побежалость. Блеск металлический. На территории Армянской ССР антимонит описывается в нескольких пунктах: Зод, Амасия, Ахавнадзор, Мазмазак и Азатек (И. Г. Магакьян, 1954; Г. О. Григорян, 1955; Э. А. Сагателян, 1961; С. Б. Абовян, В. О. Пароникян, А. Ш. Матевосян, 1971; Ш. О. Амирян, 1974).

В Амасийском рудопроявлении антимонит вместе с кварцем, реже с карбонатом образует прожилки, гнездообразные скопления в ультраосновных породах и пространственно обособлен от реальгар-аурипигментовой минерализации. В рудах кроме того устанавливаются примеси пирита, бравоита и пентландита, по отношению к которым сурьмяный блеск отчетливо поздний.

В Зодском месторождении кварц-карбонат-антимонитовая ми-

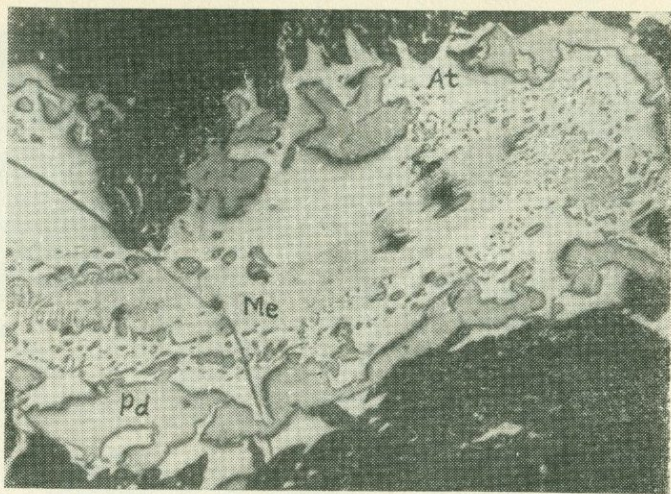


Рис. 35. Полидимит (Pd) замещается мелонитом (Me). Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

нерализация завершает рудный процесс, образуя маломощные прожилки в зонах дробления ультраосновных пород. В парагенезисе с антимонитом в этом случае встречаются буланжерит, зелигманит, арсенопирит, джемсонит (Ш. О. Амирян, 1974).

Наиболее интенсивно этот минерал развит на левобережном участке Азатекского месторождения (рис. 36), где кварц-антимонитовая минерализация наложена на сульфоантимонитовую и, аналогично предыдущим случаям, завершает рудообразовательные процессы (Г. О. Григорян, 1955; Э. А. Сагателян, 1961; В. О. Пароникян, 1964). Здесь антимонит вместе с халцедоноподобным и гребенчатым кварцем (реже с баритом) образует прожилки и жилы (мощностью до 20—30 см) с простым минеральным составом: антимонит составляет $\sim 98\%$ от общего объема сульфидов; в небольших количествах встречаются пирит (0,8%), сфалерит (0,4%) и реже тетраэдрит (В. О. Пароникян, 1970).

Антимонит в рудах вышеуказанных рудопроявлений образует призматические, столбчатые, игольчатые, спутанно-волокнистые, радиально-лучистые агрегаты, нередко также кристаллически-зернистые сплошные массы. Тонкозернистые перекристаллизованные и почковидные агрегаты антимонита отмечались в Ахавнадзорском и Амасийском рудопроявлениях.

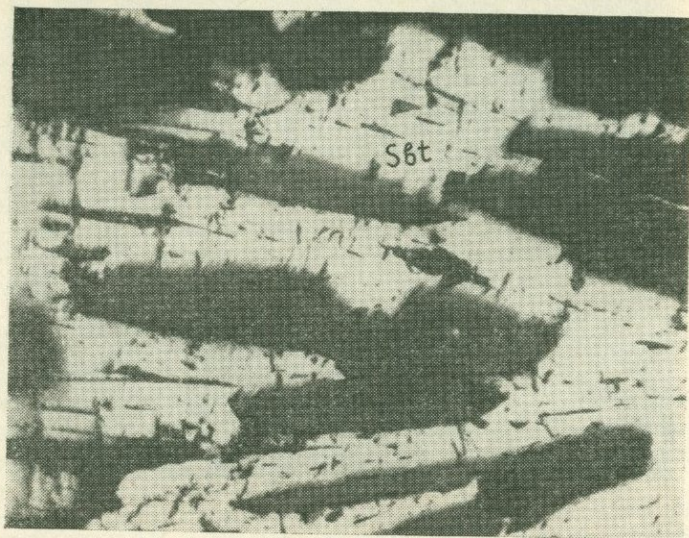


Рис. 36. Антимонит (Sbt) в призматических выделениях среди кварца. Месторождение Азатек. Аншлиф, $\times 40$. По И. Г. Магакьяну.

Антимонит, несмотря на низкую твердость, полируется в целом хорошо; относительный рельеф значительно ниже, чем у блеклой руды и сфалерита, немного ниже, чем у реальгара. Микротвердость антимонита Азатекского месторождения варьирует в широких пределах—84—187 кгс/мм² и в среднем составляет (по 90 замерам) 138 кгс/мм² с коэффициентом вариации $V=16,5\%$. Минерал показывает значительно большую анизотропию твердости второго рода, чем галенит, сфалерит и халькопирит. Цвет минерала в отраженном свете серо-белый, при светлом положении похож на галенит. Сильно двуотражающий с цветным эффектом от кремово-серо-белого (светлое положение) до зеленовато-серого (в темном положении). Эффекты анизотропии выражены также весьма сильно в синевато-серо-белых и желтовато-бурых тонах при диагональном положении индивидов. Внутренняя структура мономинерального агрегата, несмотря на внешнюю форму зерен аллотриоморфно-зернистая, полигонально-зернистая и гранобластовая. Характерны также полисинтетические двойники (рис. 37) и отдельные столбчатые и пластинчатые индивиды, которые нередко изогнуты и скручены. Эти характерные для антимонита внутренние структуры указывают на большую склонность минерала к пластическим деформациям, нежели к катаклазу.

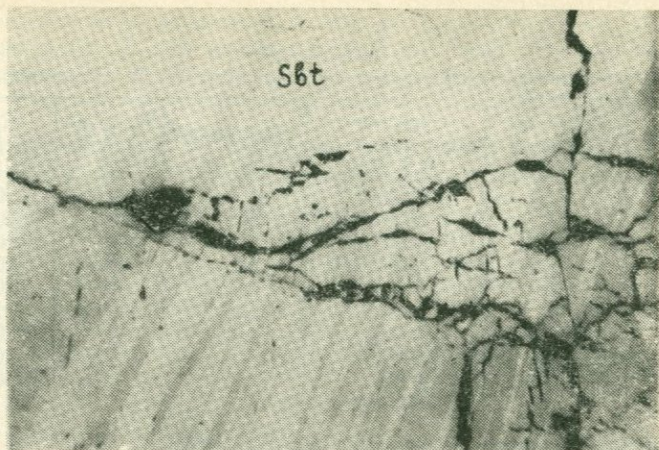


Рис. 37. Полисинтетические изогнутые двойники антимонита (Sbt). Месторождение Азатек. Аншлиф, $\times 100$. По В. О. Парониану.

Химический состав антимонита из Азатекского месторождения следующий: Sb—65,84 %, S—25,63 %; Fe—0,25 %; As—0,1 %; Cu—0,3 % (Э. А. Сагателян, 1961); в антимоните из Зодского месторождения установлены: Sb—70,89 %; S—24,44 % (Ш. О. Амирян, 1974). В двух пробах антимонита из Амасийского месторождения отмечаются примеси (В. О. Парониан, 1971)—As—3,0 %; Cu—0,02—0,03 %; Ni—0,002—0,045 %; Pb, Co, Zn—0,001—0,0045 %; Te до 0,002 %; Se < 0,001 % и Ge < 0,0001 %. Антимонит из Азатекского месторождения характеризуется более высокими содержаниями Pb, Ag, Zn и в особенности Se (табл. 25).

Результаты рентгенометрических исследований антимонита из Азатекского (автор В. О. Парониан) и Зодского (автор Ш. О. Амирян) месторождений приведены в табл. 26. Как видно, антимонит характеризуется большим количеством, в том числе интенсивных линий. Межплоскостные расстояния в обоих случаях в целом сходны между собой и с антимонитом из месторождений Бая Сприе, Румыния (Минералы, т. 1, 1960).

Антимонит обычно является низкотемпературным минералом и формируется часто в завершающих стадиях или этапах рудообразования, приурочиваясь к субсеквентному магматизму. Однако известны также промышленные концентрации этого минерала в достаточно высокотемпературных образованиях.

Средние содержания элементов-примесей в антимонитах Азатекского месторождения по данным пробирных (Au, Ag), химических (Se, Te, Bi) и приближенно-количественных спектральных анализов (по В. О. Пароникяну)*

Элементы	Кол—во анализов	Среднее содержание, %	Элементы	Кол— во анализов	Среднее содержание, %
Au	2	<0,0001	Cu	4	0,042
Ag	2	0,00242	Pb	—“—	0,24
Se	4	0,0335	Ag	—“—	0,004
Te	4	0,00287	Bi	—“—	0,0003
Bi	2	<0,0005	As	—“—	0,07
Fe	4	0,013	Zn	—“—	1,4
Mn	—“—	0,008	Cd	—“—	0,0016
Ni	—“—	0,0002	Sn	—“—	0,0002
Ti	—“—	0,005	Hg	—“—	0,00002
Mo	—“—	0,00025			

* Анализы выполнены ЦОАЛ ИГН АН Арм. ССР.

В рудах Армянской ССР антимонит, как источник сурьмы, самостоятельного значения не имеет; однако, в этом отношении он может играть определенную роль при комплексном использовании руд Зодского и Азатекского месторождений.

Висмутин— Bi_2S_3 . Ромбическая сингония. Теоретический состав: Bi—81,3 %, S—18,7 %. В виде примесей содержит в небольших количествах Pb, Cu, Fe, As, Sb, Te и др.

Висмутин является распространенным минералом в медно-молибденовой и отчасти золоторудной формациях руд и реже встречается в рудах колчеданной формации. Установлен в рудах следующих месторождений: Каджаранского (З. В. Рупасова), Дастакертского (И. Г. Магакян, 1946), Зодского (Т. А. Твалчрелидзе, 1959), Алавердского, Шамлугского (И. Г. Магакян, 1947), Агаракского, Джиндаринского, Айгедзорского, Анкаванского (Г. О. Пиджян), Кафанского (В. И. Сотников, 1959), Сарнахпурского (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян), Меградзорского (Ш. О. Амирян, А. И. Карапетян, 1964), Варденисского, Азатекского (Ш. О. Амирян, А. Г. Акопян), Личкваского и Амзачиманского (Ш. О. Амирян).

В медно-молибденовых месторождениях висмутин встречается в рудах кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой и кварц-полиметаллической стадий минерализации, главным образом, в халькопирите, борните и галените. Представлен мельчайшими удлиненными, призматическими выделениями и редко образует овальные зерна. Размеры зерен и выделений висмута-

Межплоскостные расстояния антимонита из Азатекского (I) и Зодского (II) месторождений*

I		II		
I	d^{α}/n	I	d^{α}/n	d^{β}/n
4	5,68	4	5,77	5,23
4	5,07	4	5,12	4,64
		3	4,02	3,64
10	3,59	6	3,17	3,24
3	3,12	5	3,25	2,94
5	3,04	5	3,08	2,79
		5	(2,81)	2,54
8	2,775	5	2,76	2,503
4	2,694			
9	2,529	8	2,545	2,29
3	2,427			
2	2,263	10	2,294	2,074
3	2,224			
7	2,10	5	2,108	1,911
10	1,94	10	1,946	1,763
		6	(1,873)	1,697
		4	1,778	1,612
5	1,727	4	1,729	1,517
9	1,689	8	1,692	1,534
3	1,523			
3	1,475			
3	1,436	5	1,449	1,513
2	1,401			
4	1,309	5	1,32	1,197
3	1,291			
3	1,194			
2	1,132			
2	1,11	4	1,079	0,978
		3	1,022	0,926
5	0,959			
3	0,941			
3	0,914			

* Анализы выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: I. УРС—70, Fe-Mn-излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 6 ч. II. УРС—70, Fe α_1 -излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 3 ч.

на в отдельных случаях достигают 0,1—0,2 мм и более. Наиболее крупные выделения отмечены в рудах Дастакерта (рис. 38) и Айгедзора (рис. 39). Тесные сростания висмутин образует с виттихенитом, эмплектитом и купробисмутитом, которые развиваются в периферических частях, окаймляют висмутин и обычно замещают его (рис. 40). В кварц-полиметаллической стадии минерализации Каджаранского месторождения висмутин встречается также

в ассоциации с галенитом, галенобисмутитом и айкинитом. Обычно галенит окаймляется висмутином, а во внутренних зонах образуются сульфовисмутиты свинца: галенобисмутит и айкинит (А. С. Фарамазян).

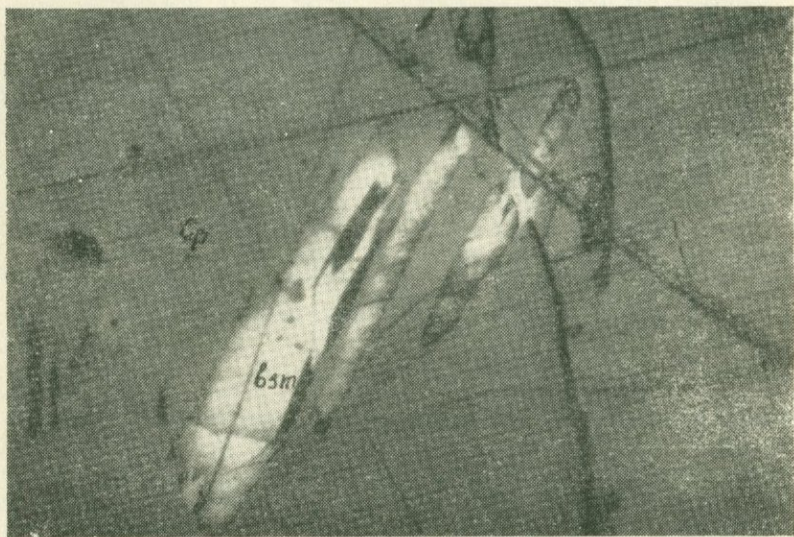


Рис. 38. Призматические кристаллы висмутина (bsm) в халькопирите (Cr.) Месторождение Дастакерт. Аншлиф. $\times 240$. По К. А. Карамяну.

В рудах Зодского месторождения висмутин ассоциирует с пиритом, халькопиритом, марказитом, сфалеритом, самородным висмутом, теллуридами и золотом. Образует ангедральные выделения в промежутках зерен и агрегатов сульфидов, обычно замещает и замещается теллуридами (Ш. О. Амирян, 1961). В колчеданных месторождениях висмутин ассоциирует с борнитом, галенитом, блеклыми рудами, а на Сарнахпюрском проявлении—с теллуридами и золотом.

В отраженном свете висмутин белый, примерно такой же яркий, как галенит, однако по сравнению с ним имеет желтовато-кремовый оттенок и несколько светлее его. Отражательная способность близка к халькопириту $R_g=46-49\%$, для отдельных выделений несколько различная в зависимости от сечения. Измерение отражательной способности висмутина из Дастакертского месторождения на установке с фотоумножителем при оранжевом светофильтре показал $R_g=49\%$ и $R_p=45\%$ (Г. О. Пиджян). В скре-

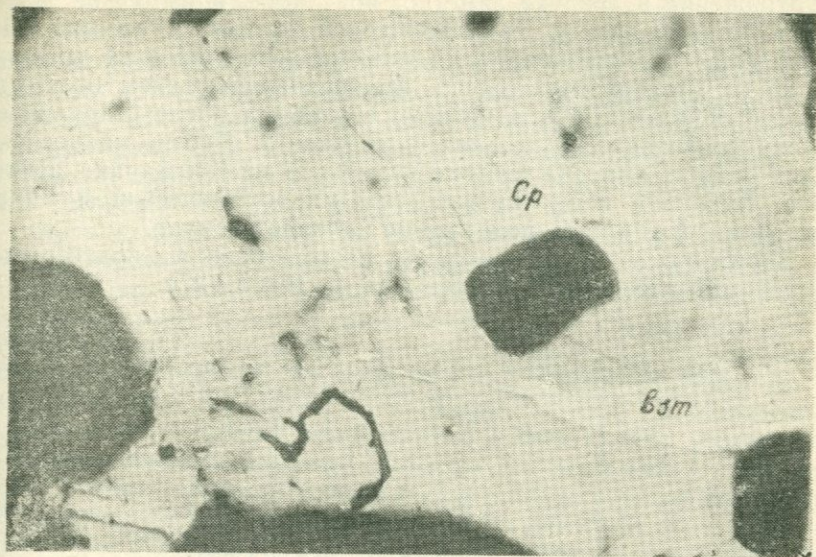


Рис. 39. Выделения висмутина (bsm) в халькопирите (Cp). Месторождение Айгедзор. Аншлиф, $\times 240$. По Г. О. Пиджяну.

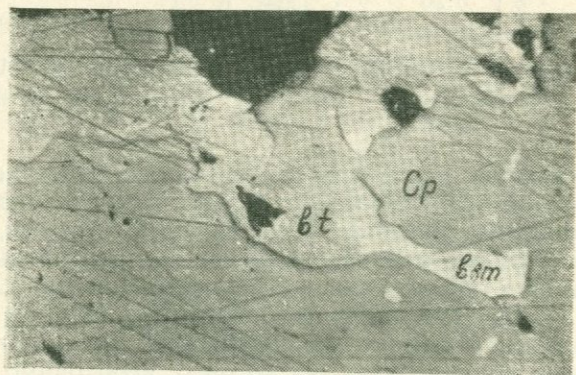


Рис. 40. Замещение висмутина (bsm) виттихенитом (bt) в поле халькопирита (Cp.). Месторождение Дастакерт. Аншлиф, $\times 115$. По Г. О. Пиджяну.

щенных николях отчетливо анизотропен без цветных эффектов. Двуотражение в воздухе заметно, но слабое, в иммерсии усиливается. Рельеф низкий, примерно такой же как у галенита. При наблюдении в иммерсии по удлинению зерен заметны трещины спайности. Полируется хорошо. Внутренние рефлексy отсутствуют. При действии HNO_3 мгновенно чернеет, а после стирания остается сероватая шероховатая поверхность. Кроме микроскопических данных при диагностике висмутина из Дастакерта, Анкавана и др. произведены микрохимический и микро-спектральный анализы, показавшие наличие висмута.

Висмутин из Дастакертского месторождения подтвержден рентгенометрическими исследованиями (табл. 27).

Таблица 27

Рентгенометрические данные висмутина из Дастакерта*

l	$d\alpha/n$	l	$d\alpha/n$	l	$d\alpha/n$
1	5,21	3	2,38	2	1,341
5	4,11	3	2,28	2	1,304
9	3,72	4	2,03	3	1,278
8	3,60	4	1,998	1	1,213
2	3,34	5	1,768	3	1,160
4	3,06	2	1,651	2	1,077
9	2,85	4	1,594	2	1,070
4	2,69	3	1,527	1	1,052
3	2,61	4	1,409	2	0,989
2	2,49	2	1,387		

* Анализ выполнен в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС-55, Fe-Mn-излучение. D—57,3; d—0,3, эксп. 5 ч.

Межплоскостные расстояния висмутина из Дастакерта с некоторыми отклонениями совпадают с данными эталона висмутина из месторождения Персберг, Швеция (В. И. Михеев, 1957).

Висмутин в рудах медно-молибденовых, золоторудных, полиметаллических и отчасти медноколчеданных месторождений Армении может иметь практическое значение. Он при флотации руд накапливается в медных, молибденовых, свинцовых, золото-полисульфидных концентратах, из которых необходимо организовать попутное его извлечение.

Аурипигмент— As_2S_3 . Сингония моноклинная. Теоретический состав: As—60,91 %; S—39,09 %; примеси: Se, Fe, Hg и Sb. Цвет золотисто-желтый, местами стально-серый, просвечивающий; блеск алмазный, перламутровый, полуметаллический.

В рудах Армянской ССР аурипигмент является характерным компонентом аурипигмент-реальгаровой формации. Пункты местонахождения и ассоциация минералов те же, что у реальгара (Амасия, Аравус, Зод, Агверан и др.). Образует обычно ксеноморфные, тонкозернистые, корковые агрегаты в тесных срастаниях с реальгаром. Для аурипигмента Мазмазакского участка Аравусского рудного поля характерны также тонковолокнистые агрегаты (аналогично хризотил-асбесту).

Аурипигмент полируется плохо. Относительный рельеф равен или немного выше, чем у реальгара. Цвет в отраженном свете—серовато-белый. Отражательная способность немного выше, чем у реальгара. Двухотражение отчетливо. Эффекты анизотропии трудно улавливаются из-за интенсивно развитых светло-желтых внутренних рефлексов. Аурипигмент Мазмазака содержит (в %): As—60; S—38,8 (аналитик О. А. Бозоян, автор К. А. Карамян).

Химический состав волокнистого аурипигмента Аравусского рудопоявления следующий: As—60,0 %, S—40,085 % (аналитик О. А. Бозоян). Количественным спектральным анализом в этом же аурипигменте установлены примеси: Sb—0,14; Fe—0,06; Zn—0,056; Cu, Pb—0,011; Mn—0,005; Ti—0,0034; W—0,0008; Bi—0,00042; Mo—0,00016 (в %).

Межплоскостные расстояния исследуемого минерала (по В. О. Пароникяну) Аравусского рудопоявления (табл. 28) в общем сходны с таковыми из месторождения Аллхар (Югославия).

Таблица 28

Межплоскостные расстояния волокнистого аурипигмента из Аравусского рудопоявления*

I	$d\alpha/n$	I	$d\alpha/n$
10	4,80	5	2,44
4	4,40	6	2,34
3	3,98	4	2,08
4	3,68	3	2,029
4	3,18	8	1,743
5	3,07	2	1,708
5	2,79	3	1,596
3	2,71		

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-2. $\text{Co } \alpha_3$ —излучение при режиме трубки 20 кв, 8 мА, скорость сканирования 2°/мин.

Аурипигмент на территории Армянской ССР промышленного значения не имеет.

Пирит (и мельниковит)— FeS_2 . Синонимы: серный или железный колчедан. Теоретический состав: Fe—46,6% и S—53,4%.

В химическом составе пирита различных месторождений принимают участие следующие элементы: Fe от 44,11 до 48,41% и S от 51,12 до 53,28% (табл. 29). Обычно содержит в небольших количествах элементы-примеси: Co, Ni, Mn, Ti, As, Sb, Cu, Zn, Pb, Bi, Ag, Se, Te и др. В пирите содержание указанных элементов варьирует от десятитысячных до десятых долей процента. Наличие As, Sb, Cu, Zn, Pb, Bi, Ag и Te в пирите, очевидно, обусловлено присутствием механических включений посторонних минералов в виде кристаллозолей. Другие элементы (Co, Ni, Ti, Mn, Se) присутствуют в виде изоморфной примеси.

Минерал изотропный, кубической сингонии. Блеск сильно металлический, твердость высокая—6,0-6,5. В отраженном свете цвет кремнево-белый, отражательная способность высокая ($R=53\%$).

Таблица 29

Химический состав пиритов месторождений различных формаций руд*

№ № п/п	Номер пробы	Месторожде- ния	Содержание в %						
			Fe	S	Cu	Se	Te	H/ост.	Σ
1	2/к-57	Калжаран	44,92	51,36	1,14	0,0035	0,004	2,36	99,79
2	3 к-20 58	—	48,41	51,12	0,06	0,0035	0,0001	0,52	100,11
3	19 к-20 57	—	44,11	51,17	0,08	0,008	0,0021	4,60	98,97
4	—	—	46,47	53,25	0,07	0,0074	0,0010	—	99,80
5	—	—	45,57	52,97	0,29	0,0149	0,0027	—	99,34
6	108	—	44,75	53,05	0,047	—	—	—	97,85
7	208	—	44,56	53,45	—	—	—	—	98,03
8	—	Азрак	46,35	52,62	0,21	0,0052	0,0018	—	99,19
9	—	Дастакерт	46,50	52,45	0,80	0,0085	0,0024	—	99,76
10	161 ^a	Цав (Шикхох)	45,46	52,37	1,15	0,001	0,004	0,40	99,39
11	525	Кафан	45,56	52,93	0,24	0,007	0,0084	0,87	99,62
12	12	Шамлуг	44,93	53,28	0,37	0,008	0,0015	0,95	99,54
13	2	Тандзут	45,37	53,09	0,05	0,008	следы	1,06	99,58
14	11/55	—	45,21	52,92	0,003	—	—	—	98,13
15	19/55	—	45,56	52,33	0,002	—	—	—	97,89
16	36 55	Чибухлы	46,12	52,33	0,02	—	—	—	98,47
17	38/55	—	45,53	52,64	0,03	—	—	—	98,20
18	580 ^b	Шамуян	44,84	53,25	0,36	0,0008	0,0055	1,27	99,73
19	358	Аткиз	45,63	52,74	0,45	0,006	0,012	1,34	100,18
20	30	Зод	45,78	52,43	0,15	следы	0,014	1,38	99,75

* № 1, 2, 3 по А. С. Фарамазяну, № 4, 5, 8, 9—по К. А. Карамяну, № 6, 7—по Г. О. Пиджяну, № 14, 15, 16, 17—по Э. А. Хачатуряну, № 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20—по Р. Н. Зарьяну.

В месторождениях различных формаций руд республики наблюдаются три формы проявления пирита: первая—в виде густых вкрапленников и отдельных скоплений во вмещающих интрузив-

ных и эффузивных породах; вторая—в виде маломощных чисто пиритовых прожилков в гидротермально измененных породах; третья—в виде небольших скоплений, прожилков и вкрапленников в кварцевых образованиях (Кафан, Шамлуг, Каджаран, Тандзут, Чибухлы и др.). В жилах и прожилках кварц-пиритовой стадии минерализации железный колчедан часто представлен идиоморфными кристаллами с поперечником до 1,0—2,0 см и более. Мельниковит-пирит в ассоциации с марказитом развит в рудах Агаракского месторождения, где анализ его дает: Fe—47,30%; Cu—1,60%; S—51,4%; Se—0,006%; Ni—0,0224%; Co—0,0025%.

На месторождениях кристаллы пирита представляют комбинации куба и октаэдра и кубы без штриховки на гранях. (рис. 41, 42).

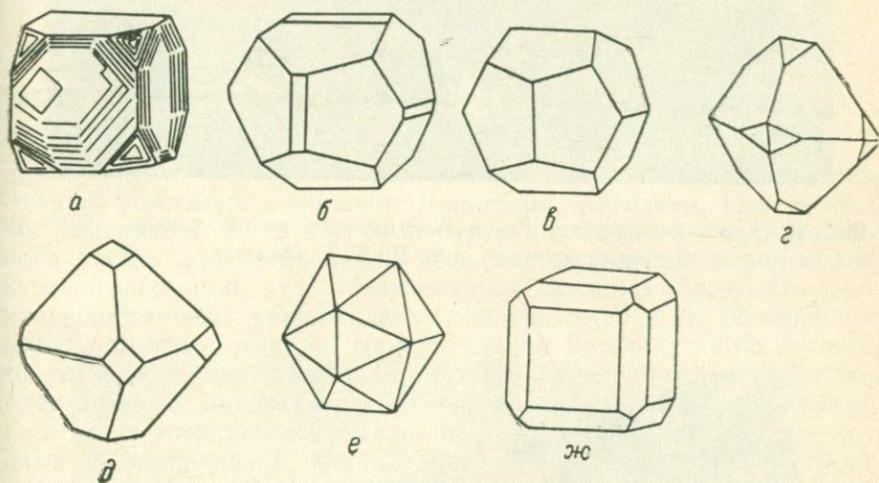


Рис. 41. Формы кристаллов пирита из медно-молибденовых месторождений Зангезура. По К. А. Караянчу.

На Дастакертском месторождении отмечается радиально лучистый пирит (рис. 43). На Каджаранском и Дастакертском месторождениях встречаются уплощенные кристаллы пирита, которые развиты только в двух кристаллографических направлениях. Они образуются в тектонических нарушениях или в зонах дробления. Иногда кристаллы пирита имеют форму параллелепипеда. Очень своеобразны и эффектны кристаллы пирита октаэдрического габитуса из месторождения Мец-дзор (рис. 44).

Пирит является одним из широко распространенных минера-

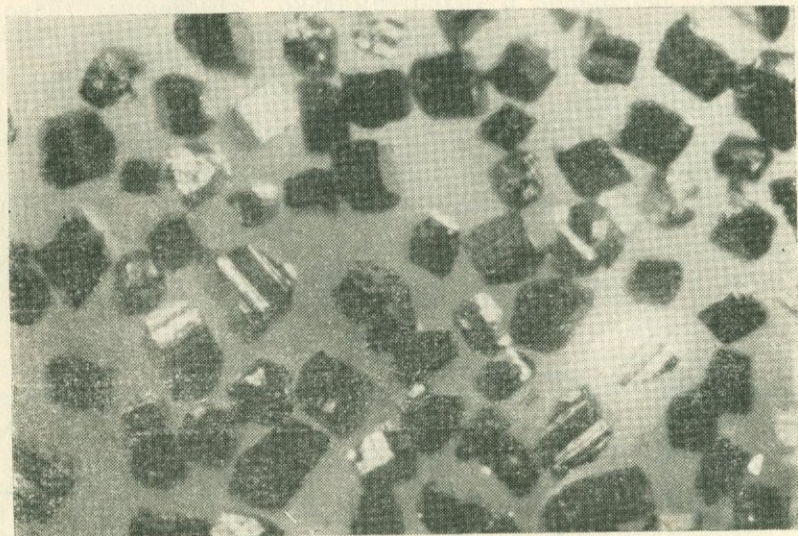


Рис. 42. Кристаллы пирита. Район Алавердского месторождения. Фото под бинокляром, ув. 10х. По Г. Г. Мирзояну.

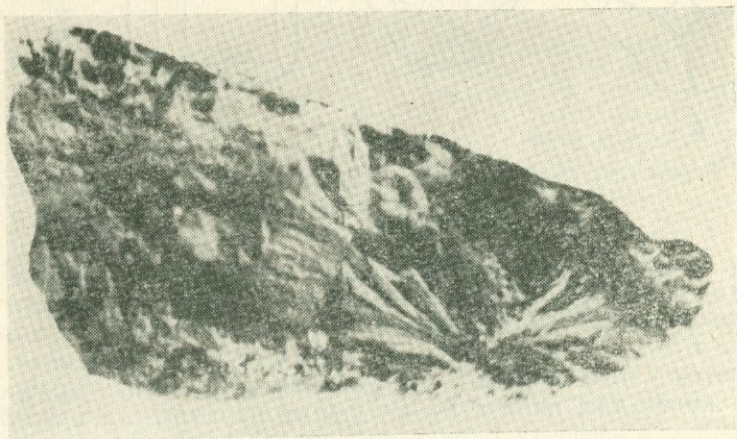


Рис. 43. Радиально-лучистые выделения пирита. Месторождение Дастакерт, х10. По К. А. Карамяну.

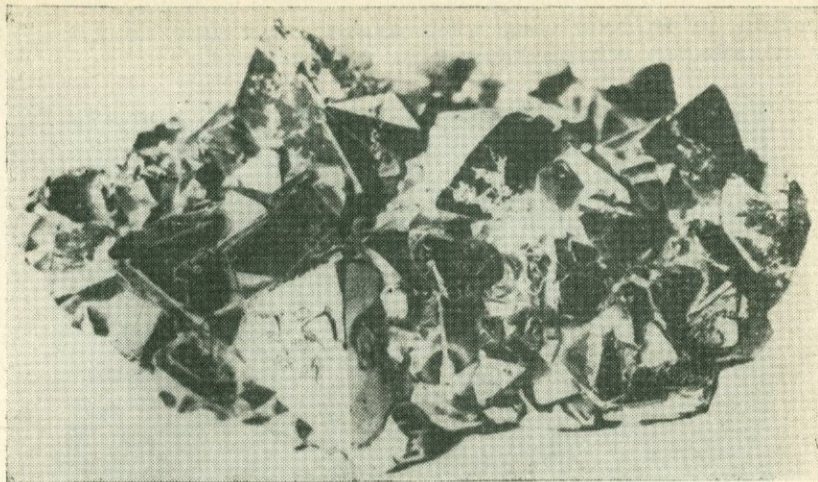


Рис. 44. Друза октаэдрических кристаллов пирита. Фото, натур. величина Месторождение Мец-дзор. По О. Т. Карапетяну.

лов в рудах медно-молибденовых месторождений (Каджаран, Агарак, Дастакерт, Анкаван, Джиндара, Айгедзор, Цав и др.). Он выделяется почти в течение всего длительного гидротермального процесса формирования всех месторождений медно-молибденовой формации руд. Значительные скопления образует в кварц-халькопиритовой, кварц-галенит-сфалеритовой и, в особенности, кварц-пиритовой стадиях минерализации. В ранних кварц-магнетитовой и кварц-молибденитовой стадиях оруденения образует мелкие идиоморфные кристаллы, реже тонкие прожилки и тесно ассоциирует с магнетитом, гематитом, молибденитом, халькопиритом и другими сульфидами. В кварц-молибденит-халькопиритовой стадии пирит в ассоциации с халькопиритом приурочен к средним частям прожилков. Обычно пирит интенсивно разъедается халькопиритом, а остатки от его замещения рассеяны в халькопиритовой массе; в кварц-халькопиритовой стадии минерализации пирит тесно ассоциирует с халькопиритом и борнитом. Здесь пирит образует сферические стяжения в борните (рис. 45). Образование этой пирит-борнитовой ассоциации обусловлено повышением концентрации серы в гидротермальных растворах.

Максимальные содержания пирита встречаются в кварц-пиритовой стадии минерализации, где он совместно с халькопиритом молибденитом, сфалеритом, галенитом, самородным золотом и теллуридами образует линзовидные и гнездообразные скопления. В

этой стадии пирит является наиболее ранним образованием и повсеместно по раздробленным зернам или трещинкам пирит разъеден и замещен всеми указанными минералами.



Рис. 45. Сферические стяжения пирита с полостями, выполненными борнитом (Bo) в борнит-халькопиритовой (Bo—Cr) массе. Месторождение Дастакерт. Аншлиф, $\times 200$. По Г. О. Пиджяну.

В жилах и прожилках кварц-пиритовой стадии оруденения отмечаются две разновидности серного колчедана: зернистая и колломорфная. Так, например, на Агаракском месторождении встречаются типичные колломорфные и глобуловидные образования пирита с радиальными трещинами усыхания. Центральные части этих сферических агрегатов заполнены сажистым пиритом—мельниковитом (рис. 46, 47).

В кварц-галенит-сфалеритовой стадии минерализации пирит имеет значительное распространение и представлен мелкой вкрапленностью в тесной ассоциации с кварцем, галенитом, сфалеритом, халькопиритом, блеклыми рудами, теллуридами и самородным золотом.

В пиритах месторождений медно-молибденовой формации руд обнаружены следующие элементы-примеси: Mn, Ti, Ni, Co, Bi, Zn, Pb, Ag от 0,0001 до 0,1%; Se от следов до 0,075%; Te от следов до 0,0366%.

Наиболее высокими содержаниями селена характеризуются пириты Джиндары и Айгедзора; теллура—Каджарана и Дастакер-

та; висмута—Дастакерта; серебра—Айгедзора и Дастакерта. Наибольшие содержания рения обнаружены в пиритах Каджарана, Агарака и Дастакерта (до 0,0001%).



Рис. 46. Раскристаллизация мельниковита (Mel) с образованием пирита (Py) по краям его выделений. Месторождение Агарак. Аншлиф, х90. По К. А. Карамяну.

В каджаранских пиритах кварц-пиритовой стадии содержания золота варьируют от следов до 3,4 г/т, а серебра—от следов до 8,2 г/т. Агарацкие пириты содержат повышенные количества серебра (24—25 г/т). В этих же пиритах содержание золота колеблется от 0,3 до 0,6 г/т.

Пирит в рудах месторождений колчеданной формации (Кафан, Шамлуг, Алаверди, Тандзут, Чибухлы) имеет довольно широкое распространение и представлен жилами, линзами, прожилками и гнездообразными скоплениями. Во всех месторождениях с той или иной интенсивностью проявлены серноколчеданная, медноколчеданная и полиметаллическая стадии минерализации. На Кафанском месторождении кроме указанных стадий проявлена также медно-мышьяковая (энаргитовая) стадия.

На месторождениях устанавливается несколько генераций пирита, отличающихся друг от друга как по форме проявления, так и по времени своего образования. Наиболее ранняя генерация связана с гидротермально измененными рудовмещающими породами.

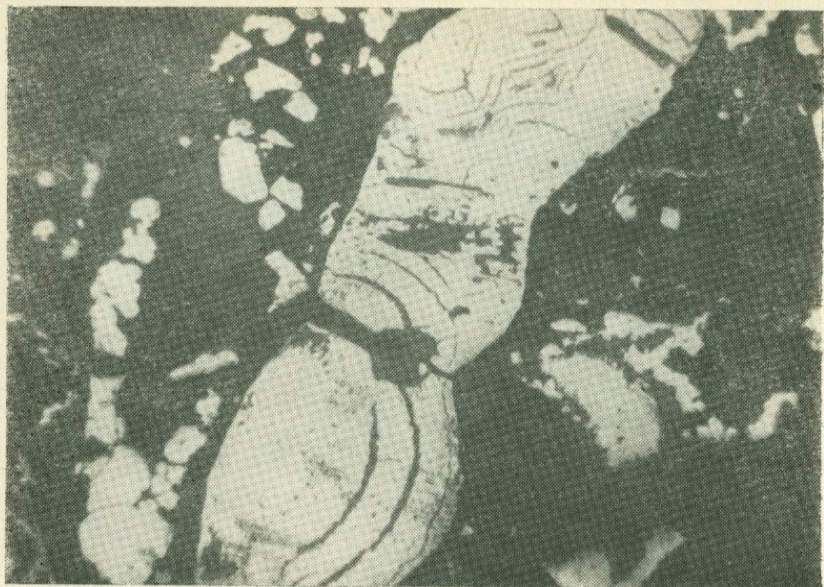


Рис. 47. Сферические выделения агрегатов мельниковит-пирита с трещинами усыхания. Месторождение Агарак. Аншлиф, х24. По К. А. Карамяну.

Здесь он образует обычно мелкую рассеянную вкрапленность, распределяясь неравномерно по всей площади рудных полей. Такая вкрапленность пирита наблюдается как в эндо-, так и в экзо-контактных зонах рудного контура. Кроме того, пирит, отлагаясь по трещинам в рудовмещающих породах, образует часто значительные скопления или прожилочки. Кристаллы пирита этой генерации обычно имеют форму гексаэдра и реже пентагондодекаэдра.

Пирит второй генерации встречается в жилах и прожилках кварц-пиритовой стадии минерализации. Иногда серный колчедан этой генерации отмечается вместе с халькопиритом и кварцем. Характерно, что зерна и агрегаты пирита данной стадии интенсивно трещиноватые, раздробленные (рис. 48) и цементируются рудными и жильными минералами. Иногда халькопирит располагается вокруг зерен пирита. Взаимоотношения этой генерации серного колчедана с халькопиритом указанной стадии отчетливо свидетельствуют о более раннем отложении пирита по отношению к медно-

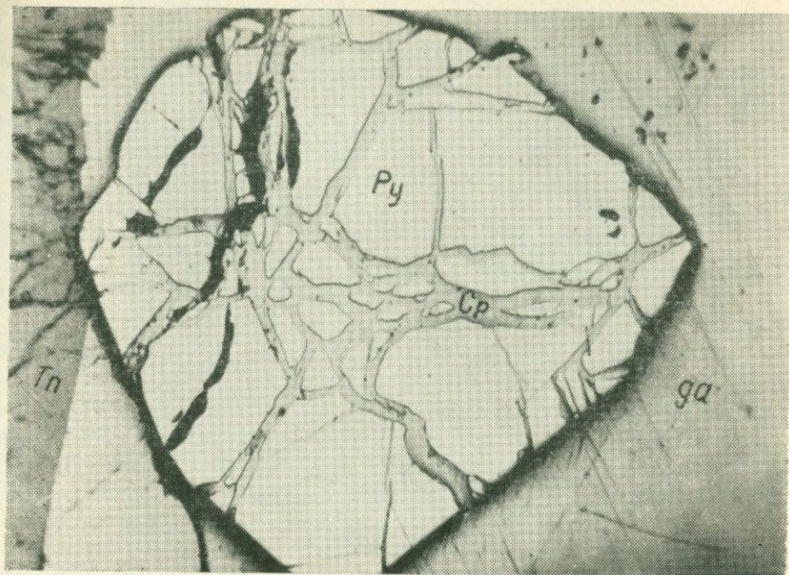


Рис. 48. Пирит сечется прожилками халькопирита (Cp), которые не выходят за его пределы в поля теннантина (Tn) и галенита (Ga). Месторождение Каялу. Аншлиф, $\times 100$. По В. О. Пароникяну.

му колчедану. По сравнению с кварцем кристаллизация серного колчедана началась раньше и кончилась позже. Об этом говорит присутствие в кварце кристаллов пирита, с одной стороны, и выполнение той же генерацией пирита друзовых полостей в кварце— с другой. При этом один и тот же пирит нередко заключен в кварце, а частично заполняет друзовую полость в нем.

На серноколчеданных месторождениях (Тандзут, Чибухлы—Черная речка) иногда встречаются колломорфные выделения пирита, которые имеют почкообразное и зонально-полосчатое строение (рис. 49).

В пиритах серноколчеданных месторождений (Тандзут, Чибухлы и др.) установлены: Ti, As—0,03—0,1 %; Cu Zn, Ga—0,03—0,01 %; Mn, Co, Pb, Ag, Bi—0,001—0,003 %. Чибухлинские пириты в среднем содержат Se—220 г/т, Te—51 г/т, а тандзутские—Se—185 г/т, Te—270 г/т.

Пирит третьей генерации пользуется весьма широким развитием и наблюдается в рудах медной стадии минерализации в ассоциации с халькопиром, борнитом, халькозином, сфалеритом, тен-

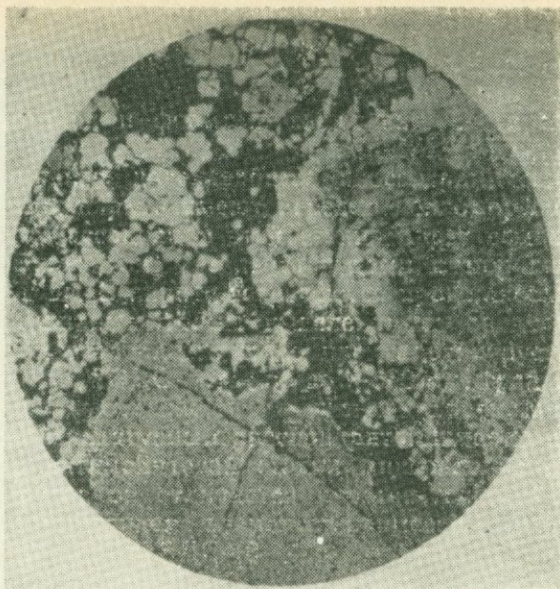


Рис. 49. Мельниковит-пирит с каемками кристаллического пирита. Месторождение Чибухлы. Аншлиф, $\times 180$. По И. Г. Магакьяну.

нантитом, галенитом и кварцем (Кафан, Шамлуг, Алаверди, Чибухлы—Желтая речка). В жилах и прожилках медной стадии отмечаются две разновидности пирита—зернистая и колломорфная. Нередко зернистые агрегаты серного колчедана окаймляются колломорфной разновидностью пирита.

На Кафанском месторождении пирит медно-мышьяковой стадии минерализации, как правило, развивается исключительно в восточной зоне прожилково-вкрапленного оруденения рудника № 6. Весьма частыми спутниками пирита этой генерации являются: халькопирит, халькозин, борнит, теннантит, энаргит и сфалерит, в агрегатах которых он образует включения.

Наиболее поздняя генерация пирита отмечается в жилах и прожилках полиметаллической стадии рудоотложения (Кафан, Шамлуг и др.). Постоянными спутниками серного колчедана этой генерации являются халькопирит, сфалерит, галенит, теннантит, тетраэдрит, реже алтаит, гессит, петцит и др. Пирит данной генерации образует мелкозернистые эвгедральные агрегаты, которые иногда раздроблены и сцементированы указанными сульфидами и теллуридами, а также кварцем и кальцитом.

Пирит и кварц полиметаллической стадии отложились почти одновременно, раньше всех других минералов.

Накопленный большой фактический материал по пиритам месторождений колчеданной формации (Кафан, Шаумян, Шамлуг, Ахтала, Алаверди, Чибухлы) показывает, что серные колчеданы характеризуются значительными содержаниями золота, серебра, висмута, селена, теллура и др.

На месторождениях полиметаллической формации руд (Газма, Каялу, Азатек, Гюмушхана, Аткиз, Пхрут, Мазра) по отдельным стадиям минерализации отмечается несколько генераций пирита в парагенезисе:

а) с халькопиритом, сфалеритом, галенитом в жилах и прожилках кварц-пиритовой стадии;

б) с молибденитом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом, блеклой рудой пирит-халькопиритовой стадии оруденения;

в) с халькопиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, **тетраэдритом**, теллуридами и самородными минералами полиметаллической стадии минерализации.

В пиритах месторождений данной формации постоянно в различных количествах обнаруживаются: Mn, Ti, Ni Co, Se, Te, Bi Ag и др.

Характерной особенностью пиритов месторождений свинцово-цинковой формации (Привольное, Мовсесское и др.) являются низкие содержания благородных и редких элементов по сравнению с пиритами медно-молибденовой, колчеданной и полиметаллической формаций руд.

Пирит в виде различных морфогенетических разновидностей встречается почти во всех типах руд месторождений золоторудных формаций (Зод, Меградзор, Личквас, Амзачиман и др.). Он является одним из главных минералов кварц-пиритовой, арсенопиритовой и полиметаллической стадий оруденения. Незначительная часть пирита совместно с халькопиритом, пирротинном, магнетитом и хромитом встречается во вмещающих измененных породах Зодского месторождения. В таких случаях пирит цементирует катаклазированные агрегаты хромита и магнетита. Указанная генерация пирита имеет гипидиоморфнозернистую структуру, а вкрапленные выделения—зонально-зернистое строение. Микротвердость этой генерации варьирует в широких пределах—от 700 до 1500 кгс/мм², а ТЭДС меняется от 0 до 240 мкв/град. В пиритах этой генерации в повышенных содержаниях наблюдаются элементы вмещающих пород, а элементы, характерные для рудной минерализации, присутствуют в незначительных количествах или отсутствуют.

Выделение пирита из гидротермальных растворов пирит-арсенопиритовой стадии минерализации начинается раньше всех сульфидов. Обычно он сильно катаклазирован и замещен поздней

ми минералами. Микротвердость: $H_{\text{ср}} = 1000\text{—}1900$ кгс/мм², ТЭДС—от +200 до +600 мкВ/град.

Пирит полиметаллической стадии минерализации отличается от вышеописанных генераций своей ассоциацией, содержанием элементов-примесей и формами выделения. Он представлен хорошо выраженными кристаллографическими формами—гексаэдрами, ромбическими додекаэдрами, икосаэдрами и их комбинациями. Агрегаты пирита имеют нередко колломорфное и зональное строение. В ассоциации этой стадии пирит замещается халькопиритом, сфалеритом, блеклыми рудами, самородным золотом, теллуридами и др. В пирите встречаются прожилковые, каплевидные и эллипсовидные формы выделения самородного золота и теллуридов. Микротвердость этого пирита варьирует в пределах 700—1300 кгс/мм², ТЭДС—от +50 до +500 мкВ/град.

Аллотриоморфнозернистые агрегаты пирита совместно с игольчатым низкотемпературным арсенопиритом и марказитом встречаются в рудах антимонитовой стадии минерализации. От других генераций пиритов он отличается парагенетической ассоциацией минералов, содержанием элементов-примесей, микротвердостью (700—1800 кгс/мм²) и ТЭДС (0—440 мкВ/град).

В пиритах золоторудных месторождений наряду с золотом определенный интерес представляют также повышенные содержания серебра, висмута и теллура.

Содержание благородных и редких элементов в пирите Зодского месторождения в среднем составляет (г/т). Au—46,0, Ag—40,0, Se—22,0, Te—130, Bi—73,0.

Меградзорские пириты (77 пробы) в среднем содержат (в %): Au—0,028, Ag—0,015, Se—0,0036, Te—0,015, Bi—0,010 и др.

В железорудных месторождениях (Сваранц и др.) мелкие выделения пирита в ассоциации с халькопиритом, борнитом и ковеллином в весьма незначительном количестве встречаются в нерудной массе. Нередко в серпентинизированной массе руды пирит совместно с халькопиритом образует чрезвычайно тонкие прожилочки.

В зоне окисления месторождений пирит нацело или частично замещается гидроокислами группы лимонита и супергенными сульфидными меди—халькозином, борнитом и ковеллином.

Пирит в рудах колчеданных, медно-молибденовых и золоторудных месторождений Армянской ССР представляет практический интерес, как источник благородных и редких элементов.

Бравойт—(Fe, Ni, Co)S₂. Кубическая сингония. Цвет стальнo-серый. Твердость—3,5—6, микротвердость: $H_{\text{ср}} = 762$ кгс/мм². Уд. вес 4,66. Блеск металлический. Спайность по {001}.

В отраженном свете цвет минерала колеблется (по всей вероятности в зависимости от состава): розовый, кремово-розовый,

коричневый, темно-коричневый или слегка фиолетовый. Розовый цвет хорошо наблюдается в сростках с алтанитом, а в сростках с мелонитом и теллуrowисмутитом становится фиолетовым.

Интенсивность отражения ниже пирита, но выше галенита. Коэффициент отражения для желтых лучей составляет 48—49%. Изотропный, двуотражение отсутствует. Твердость колеблется (668—861 кгс/мм²), чаще всего ниже пирита. Рельеф ниже пирита, но выше халькопирита, пирротина. Часто имеет зональное и сегментальное строение. Травится конц. HNO₃.

Полуколичественными спектральными анализами в бравоите определены целые проценты Fe и Ni, следы Co, десятые доли процента Te, Pb, Ag, Au, Cu. Последние представлены механическими примесями собственных минералов.

Является членом изоморфного ряда NiS₂—FeS₂—CoS₂, что подтверждено рентгеновским исследованием минерала (табл. 30).

Таблица 30

Межплоскостные расстояния бравоита*					
l	d α 'n	l	d α /n	l	d α n
5	2,95	2	1,672	3	1,047
10	2,49	8	1,598	4	0,857
2	2,25	9	1,465	1	0,835
3	2,06	1	1,261	1	0,823
1	1,768	4	1,090	1	0,809

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС---70. Cu-Ni-изучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 9 ч.

Бравойт спорадически встречается в рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1974), где ассоциирует с пиритом, арсенопиритом, марказитом, халькопиритом, линнеитом, полидимитом, золотом, теллуридами, пирротинитом и другими арсенидами и сульфидами. Образует идиоморфные кристаллы пентагондодекаэдрического, октаэдрического и кубического облика, а также зернистые агрегаты размером 0,01—1 мм.

Агрегаты и зерна бравоита нередко замещаются теллуридами и золотом. Бравойт окаймляет агрегаты пирита, арсенопирита, марказита. Нередко развивается по интерстициям зерен жильных минералов. Обычно проявляется в теневых участках включений габбро и перидотитов. В таких случаях характерны микрококардовые, микробрекчиевые и ячеистые текстуры.

Практического интереса не представляет.

Ваэсит— NiS_3 . Кубическая сингония. Твердость 3,5. Уд. вес 4,28. Непрозрачен, имеет металлический блеск.

Теоретический состав: Ni—47,79; S—52,21 (в %).

В отраженном свете цвет минерала в кремово-розовых, фиолетово-кремовых тонах. Цвет меняется даже на одном зерне. Интенсивность отражения, как у бравоита—45—48%. Изотропный, без двуотражения. Спайность не наблюдается. Твердость средняя. Микротвердость: $H_{\text{ср}} = 750 \text{ кгс/мм}^2$. Полируется хорошо. Травится от HNO_3 . Микрохимия на Ni положительная. Локальными спектральными анализами в нем определены: Ni (много), Fe, Co, As (мало). Рентгенометрические данные приведены в табл. 31, которые сходны с таковыми для ваэсита из Катанги (В. И. Михеев, 1957).

Ваэсит установлен в участках полисульфидных и золото-теллуристых жил и прожилков Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1974), где много включений вмещающих основных и ультраосновных пород.

Зерна ваэсита представлены октаэдрическими, додекаэдрическими и комбинированными формами или же образуют зернистые агрегаты с четко выраженными линиями контактов.

Ваэсит встречается в ассоциации с бравоитом, полидимитом, линнентом, пиритом, арсенопиритом, самородным золотом (рис. 50), нередко никелином и миллеритом, образуя идиоморфные выделения в гидротермально измененных включениях пород или же каймы вокруг порообразующих минералов (рис. 51), в том числе и минералов вторичного изменения пород. Следует отметить, что обычно арсениды и сульфиды Ni и Co ассоциируют с продуктами коры выветривания основных и ультраосновных пород—гарниритом, непуитом, керолитом, монтмориллонитом, никелевым хлоритом и другими минералами. Размер отдельных зерен ваэсита составляет 0,01—1 мм, а агрегатов—0,5—3 мм. По-видимому, он является крайним членом изоморфного ряда пирит-ваэсит, поэтому в отдельных выделениях его проявляются признаки промежуточных членов. Такие выделения в отраженном свете имеют зональное строение, отдельные зоны и сегменты которых характеризуются различными оттенками цвета, твердостью и интенсивностью отражения. Кроме того, из этого ряда в рудах присутствует бравоит.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Молибденит— MoS_2 . Теоретический состав молибденита (в %): Mo—59,94, S—40,06. В отраженном свете в аншлифах обладает сильным двуотражением. По данным И. С. Волинского (1949), Rg—35%, Rp—15%, ΔR —30%. В сечениях оси (0001), изотропен.

Молибденит кристаллизуется в двух сингониях (политипных



Рис. 50. Идиоморфные кристаллы ваэсита (va) цементируются гесситом (hs) с тонкими прожилками самородного золота (Au). Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

Таблица 31

Межплоскостные расстояния ваэсита*

l	da/n	l	da/n	l	da/n
7	2,81	10	1,692	3	(1,206)
8	2,51	4	1,563	7	1,085
7	2,28	5	1,505	3	1,046
6	1,99	3	1,228	1	0,996

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, $\text{Cu}_{\alpha\beta}$ -излучение, $D=57,3$; $d=0,5$, эксп. 6 ч.

модификациях): в гексагональной, образующей политип 2Н, и в ромбоэдрической—политип 3R.

До 1957 г. молибденит был известен как двуслойный гексаго-



Рис. 51. Тонкие каемки ваэсита (va) вокруг зерен карбоната. Месторождение Зод. Аншлиф. x90. По Ш. О. Ампряну.

нальный минерал с параметрами ячейки $a=3,16\text{ \AA}$ и $c=12,30\text{ \AA}$ и с пространственной группой $R6_3/mmc$. В 1957 г. был получен синтетический MoS_2 , структура которого оказалась трехслойной ромбоэдрической с $a=3,16\text{ \AA}$ и $c=18,45\text{ \AA}$, т. е. в 1,5 раза больше «с» гексагональной модификации с пространственной группой $R3m$ (Белл, Херферт, 1957). В природных образованиях политип 3R был обнаружен в 1963 г. Трайлем в Канаде (1963) и почти одновременно и независимо от него А. С. Фарамазяном и Э. Х. Хуршудян в рудах Армянской ССР (1963). В литературе отмечаются также находки аморфного дисульфида молибденита—иордизита (П. Рамдор, 1962).

С 1965 г. начались систематические исследования природного материала с целью выявления условий образования различных политипов. Исследователями было выдвинуто предположение о вероятном влиянии трех основных факторов на образование политипов молибденита: 1) примеси, 2) скорость кристаллизации и 3) температура кристаллизации.

О роли примесей впервые высказались А. С. Фарамазян и Э. Х. Хуршудян (1963), поскольку в первой находке молибденита-3R содержалось 1,88% рения. Однако дальнейшие исследования привели авторов к другому мнению. И. Я. Сомина (1966), Бойль (1968), В. Г. Круглова и др. (1965) также отдают предпочтение при образовании политипа 3R роли примесей.

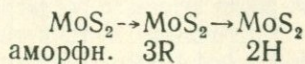
Детальные исследования Ф. В. Чухрова и др. (1968) привели авторов к заключению, что ведущая роль в образовании различных политипов молибденита принадлежит скорости кристаллизации: молибденит-3R кристаллизуется при более медленном падении температуры, чем 2H.

Систематическое изучение молибденитов из различных месторождений Армянской ССР, а также акцессорного молибденита из Мегринского и Памбакского плутонов привели Э. Х. Хуршудян (1981) к следующим выводам.

В медно-молибденовых месторождениях и рудопроявлениях Армянской ССР достаточно широко распространены оба политипа и их смеси. Однако распределены они неравномерно: Зангезурский рудный район (Каджаран, Агарак и др.) характеризуется широким распространением гексагональной модификации (2H), тогда как в Айодзорском рудном районе (Варденис и др.) преимущественным развитием пользуется молибденит-3R (табл. 32). Это обусловлено более глубокой эрозией и сравнительно высокими температурами образования молибденитов Зангезурского рудного района. В пределах Зангезурского рудного района молибденит-3R распространен в месторождениях, сформированных при сравнительно низкотемпературных и близповерхностных условиях (Агарак, Дастакерт и др.). В отдельных месторождениях количество политипа 3R в рудах растет в основном от ранних к поздним или к более поверхностным частям месторождения.

В интрузивных породах Мегринского и Памбакского плутонов акцессорный молибденит представлен только гексагональным политипом.

Следует отметить, что А. А. Арутюняном и Э. Х. Хуршудян (1966, 1969) был проведен гидротермальный и сухой синтез дисульфида молибдена, что также подтвердило ведущую роль температуры в образовании различных политипов; авторами была предложена следующая схема кристаллизации:



при повышении температуры слева направо.

Молибденит является характерным минералом для террито-

Межплоскостные расстояния различных политипов молибденита (2H, 3R и 2H+3R) из месторождений Армянской ССР

	Каджаран			Агарак		Варденис	
hkil	2H			2H+3R		3R	
гексагональный	l	d	l	d	l	d	ромбодрический
1	2	3	4	5	6	7	8
0002	10	6,14	10	6,18	10	6,09	0003
0004	2	3,07			3	3,04	0006
10 $\bar{1}0$	2	2,740	8	2,736	5	2,710	10 $\bar{1}1$
10 $\bar{1}1$	1	2,671	6	2,650	6	2,632	0 $\bar{1}12$
10 $\bar{1}2$	1	2,501					
			6	2,358*	6	2,344	10 $\bar{1}4$ *
10 $\bar{1}3$ *	8	2,275	5	2,278*			
			6	2,198*	6	2,194	10 $\bar{1}5$ *
10 $\bar{1}4$,0006	8	2,045	5	2,041	7	2,034	0009
			5	1,892*	4	1,889	10 $\bar{1}7$ *
10 $\bar{1}5$ *	5	1,828	4	1,828*			
			4	1,762*	3	1,755	10 $\bar{1}8$ *
10 $\bar{1}6$	1	1,639					
11 $\bar{2}0$	5	1,580	8	1,585	7	1,581	11 $\bar{2}0$
0008, 11 $\bar{2}2$	8	1,532	8	1,532	7	1,529	00012; 11 $\bar{2}3$
10 $\bar{1}7$	2	1,477					
					1	1,426	10 $\bar{1}1$.11
					1	1,403	11 $\bar{2}6$
20 $\bar{2}1$	2	1,360	3	1,364	2	1,363	02 $\bar{2}1$
					1	1,357	20 $\bar{2}2$
20 $\bar{2}2$; 10 $\bar{1}8$	4	1,337					
			3	1,308	1	1,313	02 $\bar{2}4$
20 $\bar{2}3$	1	1,298	3	1,282	1	1,283	20 $\bar{2}5$
20 $\bar{2}4$; 11 $\bar{2}6$	3	1,251	6	1,250	4	1,249	11 $\bar{2}9$
000.10	3	1,228			1	1,225	000.15
10 $\bar{1}9$	1	1,221	3	1,219	2	1,214	02 $\bar{2}7$
20 $\bar{2}5$	2	1,195			1	1,179	01 $\bar{1}$.14
11 $\bar{2}8$	5	1,101	8	1,100	5	1,099	11 $\bar{2}$.12; 02 $\bar{2}$.10
					1	1,057	10 $\bar{1}$.16; 20 $\bar{2}$.11
10 $\bar{1}$.11; 21 $\bar{3}0$	6	1,034	4	1,034	5	1,031	21 $\bar{3}$ 1; 12 $\bar{3}2$
20 $\bar{2}8$; 21 $\bar{3}2$	1	1,021			2	1,017	000.18
					2	1,009	21 $\bar{3}4$
21 $\bar{3}3$	2	1,003	4	1,002	2	0,996	12 $\bar{3}5$
					1	0,981	02 $\bar{2}$.13
11 $\bar{2}$.10	2	0,970	4	0,966	2	0,968	11 $\bar{2}$.15
					1	0,962	21 $\bar{3}7$
21 $\bar{3}5$	1	0,953					

1	2	3	4	5	6	7	8
30 $\overline{30}$; 20 $\overline{2}$ · 10	3	0,913	4	0,947	1	0,945	20 $\overline{2}$ · 14
30 $\overline{32}$	2	0,902	6	0,912	3	0,913	30 $\overline{30}$
10 $\overline{1}$ · 13	2	0,893	2	0,902	2	0,902	30 $\overline{33}$; 21 $\overline{3}$ · 10
				0,892			
000 · 14	3	0,877			1	0,879	02 $\overline{2}$ · 16; 12 $\overline{3}$ · 11
20 $\overline{2}$ · 11	2	0,865	3	0,865	2	0,874	000 · 21; 30 $\overline{36}$
			2	0,859	1	0,855	11 $\overline{2}$ · 18
			3	0,849	1	0,848	20 $\overline{2}$ · 17
10 $\overline{1}$ · 14	2	0,835					
30 $\overline{36}$	1	0,835	5	0,8 3	2	0,834	30 $\overline{39}$; 21 $\overline{3}$ · 13
2240 · 213 · 10	2	0,790			2	0,791	2240
224 $\overline{2}$; 30 $\overline{38}$	3	0,784			5	0,784	224 $\overline{3}$; 30 $\overline{3}$ · 12
20 $\overline{2}$ · 13	2	0,777					

*Линии, по которым легко диагностируются разные поли типы и их смеси. Анализы выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС-55, Cu-Ni-изучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 3 ч.

рии республики. Проявляется в рудах ряда рудных формаций. Наибольшее распространение молибденит получил в рудах медно-молибденовых месторождений, которые проявились главным образом в пределах рудных районов Памбак-Зангезурской металлогенической зоны (Зангезурский, Айоцдзорский, Памбакский) с минерализацией, связанной с третичными гранитоидами.

Помимо Памбак-Зангезурской зоны отдельные медно-молибденовые проявления установлены в пределах Алаверди-Кафанской металлогенической зоны (Техут, Шикахох, Цав). В этой металлогенической зоне указанные месторождения парагенетически связаны с верхнемеловыми гранитоидными интрузивами.

Молибденит проявляется также и в ряде пунктов Севано-Амассийской металлогенической зоны.

Молибденит отмечается и в рудах некоторых колчеданных месторождений (Кафан, Шамлуг, Анкадзор, Агви, Спасакар) и на глубоких горизонтах рудного поля Мецдзорского месторождения турмалин-пирит-энаргитовых руд.

В Зангезурском рудном районе молибденит является одним из широко распространенных рудных минералов медно-молибденовых месторождений и представляет один из основных компонентов руд этих месторождений. В силу этого обстоятельства экономическое значение минерала для Зангезурского рудного района

весьма велико, ибо молибденит вышеотмечанных месторождений составляет значительную долю общесоюзных запасов этого металла.

Молибденит встречается часто в кварц-полевошпатовых пегматитах многих интрузивных массивов Мегринского плутона и Баргушатского хребта, а также в аплит-пегматитах и аплитах монзонитового массива и массива порфировидных гранитов и гранитоидов Мегринского плутона. Молибденит отмечается также в скарнах ряда участков скарновой минерализации Зангезурского рудного района и в грейзеноподобных образованиях района с.с. Аравус и Аткиз.

В кварц-полевошпатовых пегматитах молибденит образует либо отдельные довольно крупные бочковидные кристаллы, размеры которых в поперечнике достигают 10—15 см (рис. 52а, 52б), либо небольшие розетки или сложные сростки пластинчатых кристаллов размером до 1,0 см в поперечнике. В аплит-пегматитах отмечается скопление молибденита пластинчатого габитуса с отчетливо гексагональной огранкой.

В скарнах молибденит образует отдельные пластинки, которые развиты по сколам и небольшим трещинам, и гнездообразные выделения, которые развиваются по самим скарновым минералам.

В грейзеноподобных образованиях села Аравус молибденит обычно тесно ассоциирует с бесцветной слюдой и с кварцем. Однако его выделения весьма небольшие. В кварц-турмалиновых жилах с. Аткиз молибденит отмечается в виде небольших пластин в кварце и преимущественно развит в средней части жил.

Необходимо отметить, что в гидротермальных медно-молибденовых и золото-сульфидных месторождениях молибденит так же как и халькопирит является минералом многократного проявления. Он проявляется в течение почти всего рудного процесса. В наиболее ранних стадиях минерализации—кварц-магнетитовой и кварц-полевошпатовой (Каджаран, Агарах) молибденит отмечается в небольшом количестве и образует мелкие чешуйки и пластинки, которые заполняют промежутки между зернами как магнетита, так и полевого шпата. На Дастакертском месторождении в рудах полевошпат-халькопиритовой стадии молибденит часто образует спутанно-пластинчатые агрегаты, либо розетки и сфероиды, которые находятся в полях халькопирита (рис. 53). В более поздних стадиях минерализации—кварц-молибденитовой и кварц-молибденит-халькопиритовой (Каджаран, Агарах, Айгедзор, Дастакерт) количество молибденита резко увеличивается. Указанные стадии минерализации являются наиболее продуктивными в отношении молибденового оруденения. В этих ассоциациях молиб-



Рис. 52а. Крупные кристаллы молибденита из Калерского месторождения. Месторождение Калер. Фото. По С. С. Мкртчяну.

денит обычно образует зальбандовые оторочки вдоль прожилка, либо пластинчатые выделения в кварце (рис. 54).

В кварц-халькопиритовой стадии минерализации молибденит имеет резко подчиненное значение, сбрауя небольшие пластинки, либо скопления пластин в полях халькопирита. При этом необходимо отметить, что, как правило, халькопирит разъедает чешуйки молибденита и по плоскостям спайности проникает в зерна молибденита (рис. 55). В кварц-пиритовой стадии количество молибденита весьма незначительно и обычно небольшие его пластинки заполняют промежутки между зернами пирита (рис. 56).

Еще меньше содержание молибденита в рудах кварц-сфалерит-галениновой стадии минерализации. Здесь молибденит образует небольшие пластинчатые выделения в сфалерите.

Опробование жил Пхрутского золото-полиметаллического месторождения показало постоянное присутствие в них молибденита. Содержание Mo в жилах варьирует от 0,009% до 0,018%.

Относительно времени выделения молибденита в продуктах различных стадий минерализации необходимо отметить следующее: в кварц-магнетитовых прожилках молибденит выделился явно

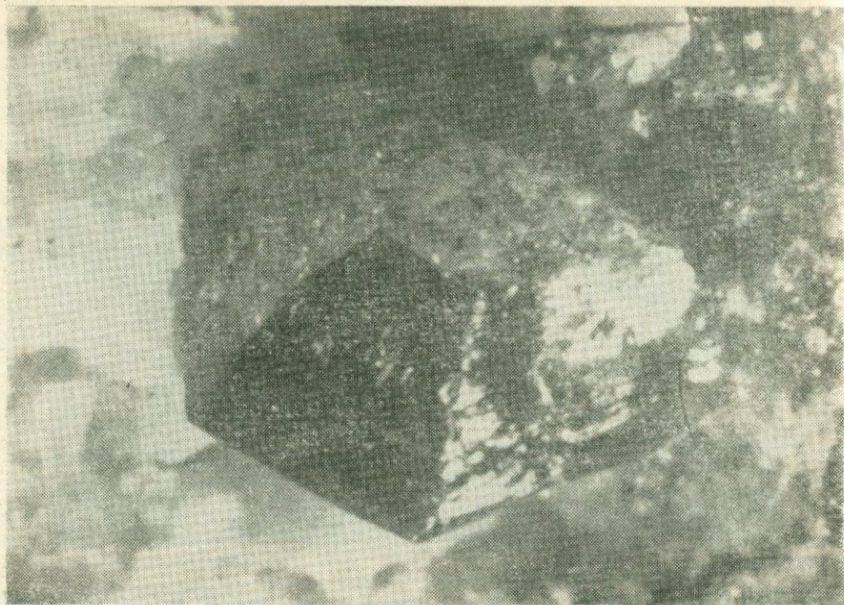


Рис. 526. Крупный кристалл молибденита. Месторождение Каджаран фото, ув. 20. По К. А. Караянгу.

позднее магнетита. В кварц-молибденитовых прожилках молибденит выделился почти одновременно с кварцем, возможно местами опережает кристаллизацию кварца, а в некоторых случаях кристаллизуется после кварца. Здесь молибденит обычно образует оторочки вдоль зальбандов жил, либо друзы кристаллов заполнения пустот в кварце.

В кварц-молибденит-халькопиритовых прожилках и жилах молибденит обычно приурочен к зальбандам прожилков, а халькопирит совместно с пиритом заполняет средние части этих прожилков. При этом как пирит, так и халькопирит нарастают на гребенчатые кристаллы кварца, растущие от зальбанда к центру. В кварц-пиритовых прожилках молибденит выделился также после пирита, (рис. 57). Наконец, в кварц-сфалерит-галенитовых прожилках молибденит выделился также после пирита, но до остальных сульфидов—сфалерита, галенита, тетраэдрита.

В свете отмеченного нам представляется, что последовательность выделения молибденита в разных минеральных ассоциациях связана с количеством молибденита (концентрацией молибдена в

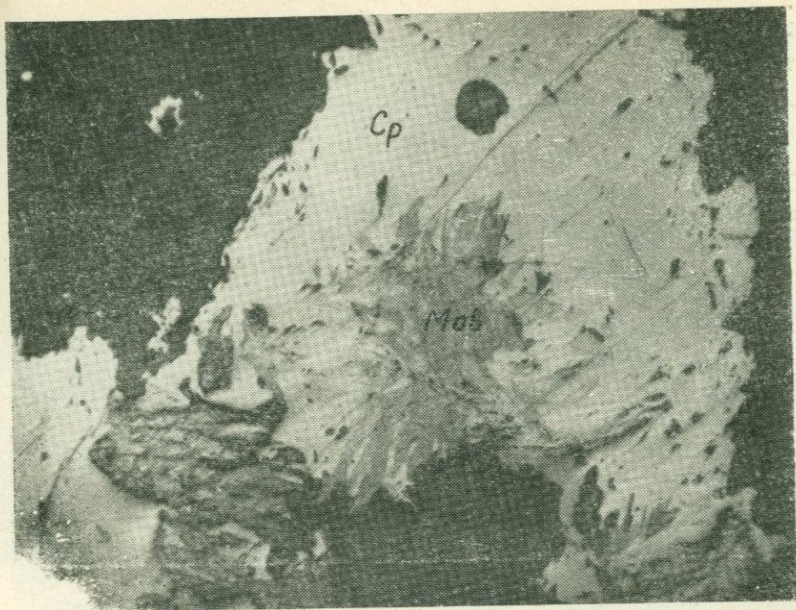


Рис. 53. Спутанно-пластинчатый агрегат молибденита (Mob) в халькопирите (Cp). Месторождение Дастакерт. Аншлиф, $\times 90$. По К. А. Карамяну.

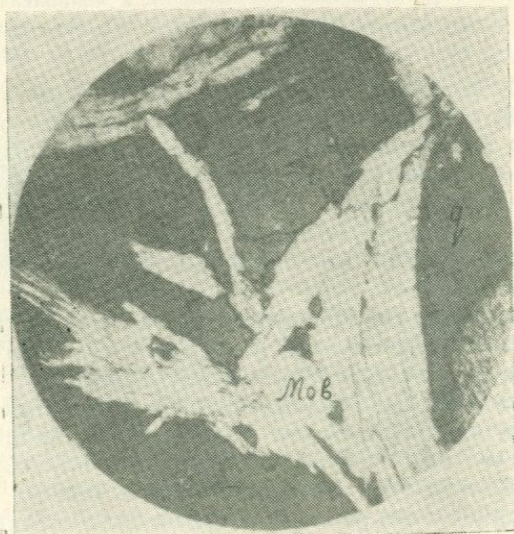


Рис. 54. Чешуйки молибденита (Mob) в кварце. Месторождение Агарак. Аншлиф, $\times 200$. По И. Г. Магакяну.

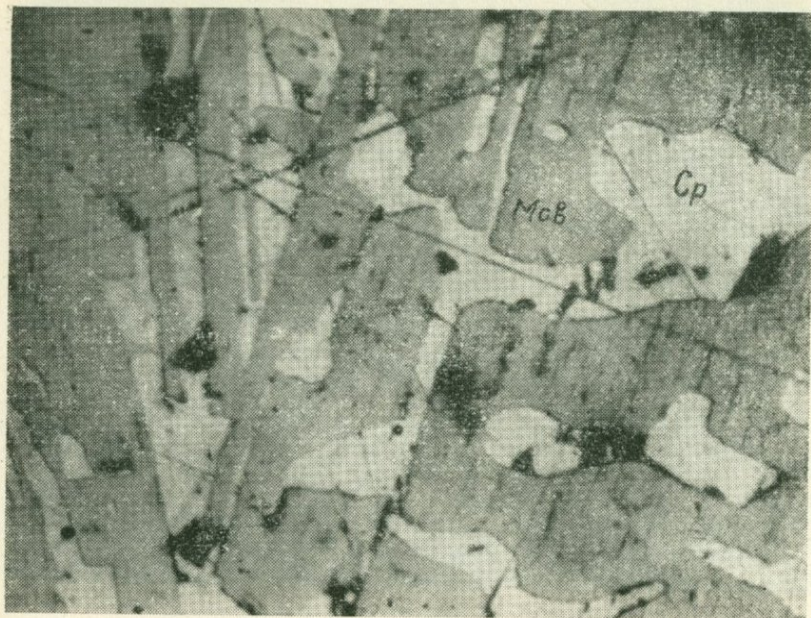


Рис. 55. Халькопирит (Cp) проникает по спайности в молибденит. Месторождение Каджаран. Аншлиф, $\times 120$. По М. П. Исаенко.

растворе) в той или иной ассоциации. При резком преобладании молибденита он, как правило, является и наиболее ранним минералом. При его подчиненной роли он выделяется позже тех сульфидов, которые превалируют в данной ассоциации. Молибденит из пегматитовых жил, скарнов и медно-молибденовых месторождений характеризуется тремя типами кристаллов: гексагональная пирамида, гексагональная усеченная бипирамида и гексагональная пластинка (рис. 58).

На Дастакертском и Айгедзорском месторождениях отмечалось проявление молибденитовой розы (рис. 59), а на месторождениях Каджаран и Агарак — розеток молибденита.

В некоторых крупных молибденитовых агрегатах отмечаются сложные срастания пластинчатых кристаллов молибденита (рис. 60 а, б). Как видно из рис. 61, здесь на крупном пластинчатом кристалле молибденита растет несколько более мелких кристаллов. По мере роста происходит распадание их на более мелкие индивиды. В результате образуются сложные сростки пластинчатых кри-

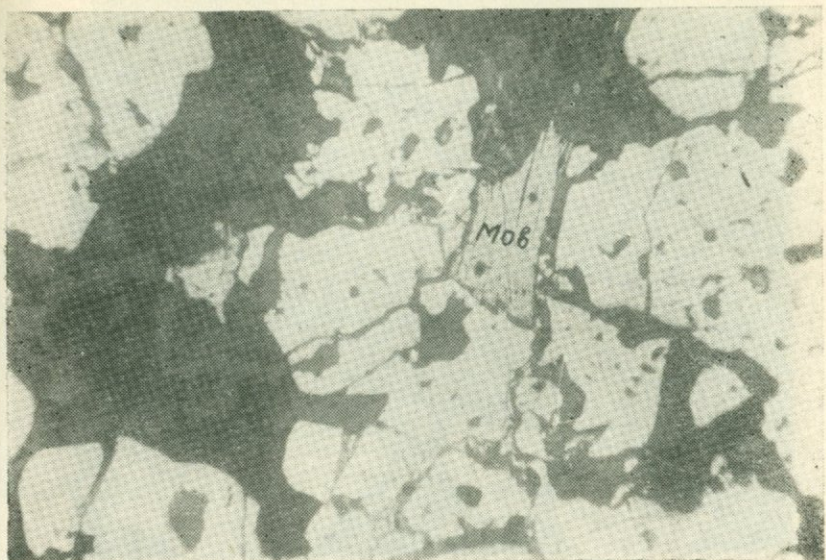


Рис. 56. Пластинки молибденита (Mob) в интерстициях зерен пирита. Месторождение Агарак. Аншлиф, $\times 120$. По К. А. Карамяну.

таллов с одним общим основанием. В описанных сложных сростках кристаллы молибденита повернуты относительно друг друга по вертикальной оси на 30° . В этом случае образуются двойники молибденита с осью двойникования 0001. Такие двойники молибденита впервые описаны В. В. Степановым (1962).

На некоторых пластинчатых кристаллах молибденита отмечается штриховка, перпендикулярная ребрам кристалла (рис. 62). Помимо хорошо ограненных кристаллов, молибденит образует также сферолиты и розетки, которые, очевидно, представляют собой слоистые сростки нескольких пластинчатых кристаллов. В ряде случаев в небольших пустотах жил отмечается образование друз кристаллов молибденита, размер которых в поперечнике достигает 3—5 мм. В пегматитах Калерского месторождения размер кристаллов молибденита достигает 15 см в поперечнике. В силу малой твердости молибденит относится к минералам, которые весьма подвержены динамическим воздействиям. Это приводит к механическому двойникованию, а также к раздавливанию пластинчатых агрегатов, с образованием структур смятия.

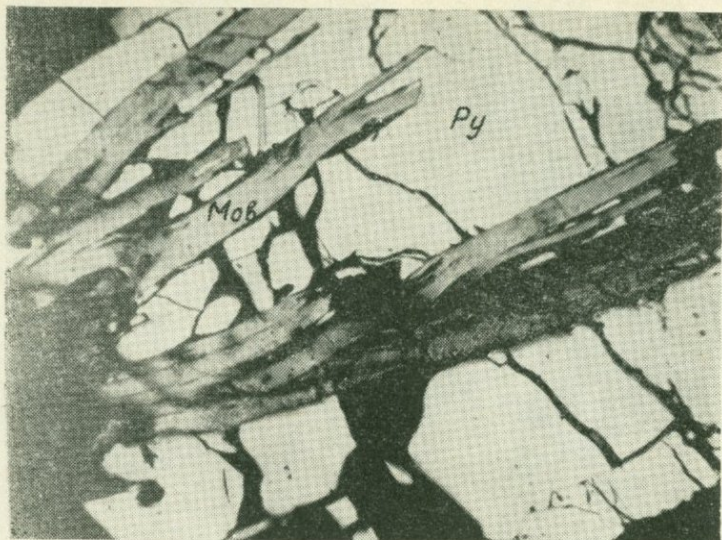


Рис. 57. Пирит (Py) сечется пластинками молибденита (Mob). Месторождение Анкаван. Аншлиф, $\times 200$. По Г. О. Пиджяну.

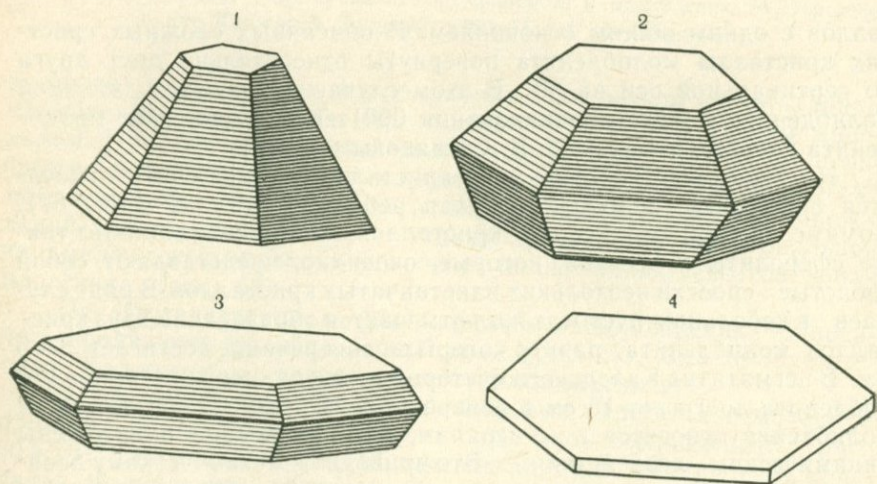


Рис. 58. Типы кристаллов молибденита из медно-молибденовых месторождений Зангезура. По К. А. Карамяну.

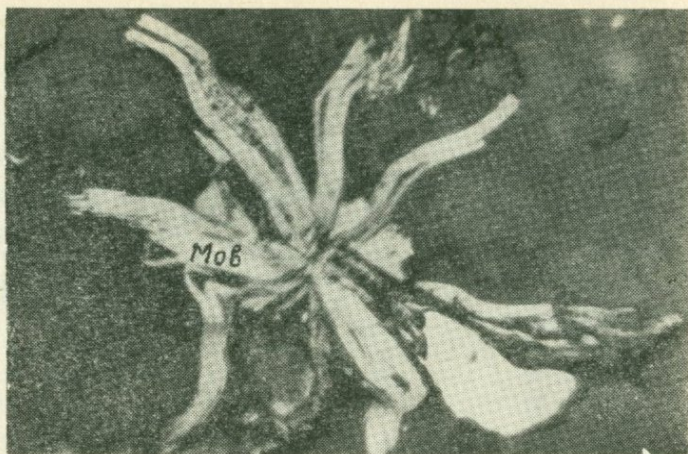


Рис. 59. Розетка молибденита (МоВ) в кварце. Месторождение Айгедзор. Аншлиф, х440. По Г. О. Пиджяну.

В некоторых случаях отмечается дробление относительно крупного индивида молибденита с образованием мозаичной структуры внутри этого индивида.

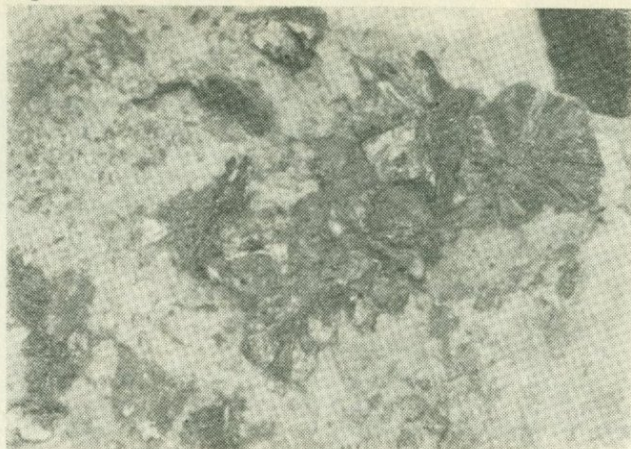
Молибденит постоянно содержит ряд элементов-примесей, к которым относятся Re, Se, Te, Bi, Ge, Ag. Содержание этих элементов в молибденитах различных месторождений и различных стадий минерализации приводится в табл. 33 и 34.

Изучение закономерностей поведения Re в молибденитах медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района показало, что содержание Re в молибденитах различных месторождений варьирует в значительных пределах.

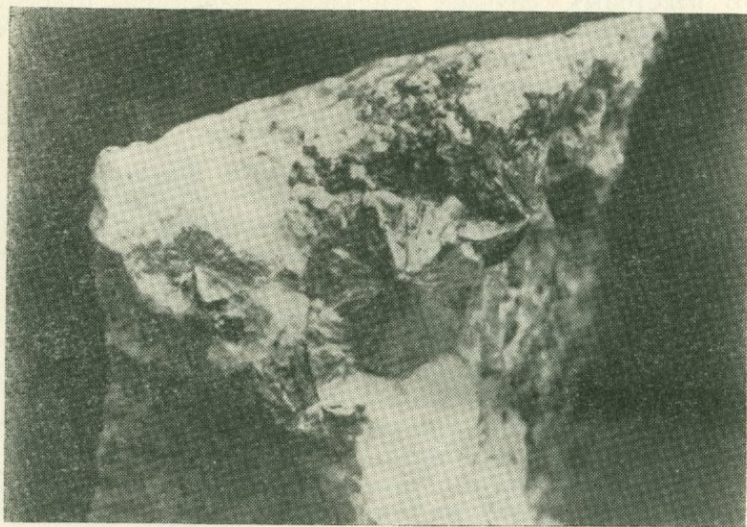
Максимальные содержания Re установлены для молибденитов средних стадий минерализации (Каджаран, Агарак, Дастакерт).

В пределах одной и той же минеральной ассоциации крупнокристаллические агрегаты молибденита несут Re больше, чем средне- и мелкочешуйчатые агрегаты. Это впервые было замечено Г. О. Пиджяном для руд Каджаранского месторождения и впоследствии подтверждено работами А. С. Фарамазяна (1961), К. А. Карамяна (1969). Такая же закономерность отмечена Г. О. Пиджяном для руд Анкаванского месторождения.

Исследования по изучению закономерностей поведения Re в молибденитах Агаракского месторождения установили, что с глубиной отмечается заметное увеличение содержания Re.



а)



б)

Рис. 60. Розетки молибденита. Фото. 6а) Кеджаранское месторождение Натур. величина. 6б) Агаракское месторождение, $\times 2$. По К. А. Кармяню.

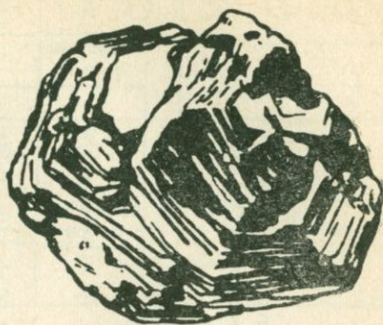
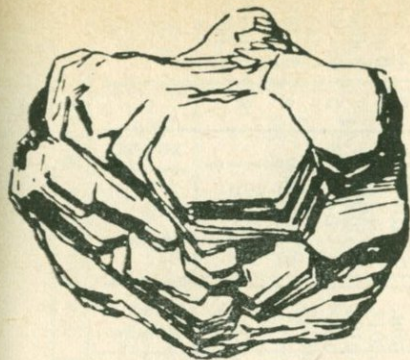


Рис. 61. Сложные срастания пластинчатых кристаллов молибденита с общим основанием. Зарисовка кристаллов с месторождения Каджаран. х5. По К. А. Карамян.



Рис. 62. Штриховка на гранях кристалла молибденита перпендикулярно его ребрам. Фото, натур. велич. Дастакертское месторождение. По К. А. Карамян.

Таблица 33

Содержание элементов-примесей в молибденитах медно-молибденовых месторождений и проявлений по данным химических анализов (авторы Г. О. Пиджян, А. С. Фарамазян, Р. Н. Зарьян)

№ № п.п	Месторождения и рудопроявления	Среднее содержание элементов в %											
		Кол-во анализов	Re	Кол-во анализов	Se	Кол-во анализов	Te	Кол-во анализов	Bi	Кол-во анализов	Ge	Кол-во анализов	Ag
1.	Каджаран	96	0.0400	104	0.0323	104	0.0046	11	0.0031	10	0.00018	13	не. обн. 0.003*
2	Агарак	7	0.0372	7	0.0313	7	0.0037	10	не. обн. 0.001*	2	0.00015	6	не. обн. 0.001*
3.	Дастакерт	7	0.0212	7	0.0056	7	0.0035	7	0.0164	7	0.00007	7	0.0023
4.	Анкаван	13	0.0244	10	0.0237	10	0.0081	11	не. обн. 0.003*	6	0.00012	5	не. обн. 0.0003*
5.	Джиндара	4	0.0971	4	0.0328	4	0.0076	—	—	2	0.0002	4	0.0001 0.001*
6.	Айгедзор	8	0.1075	8	0.0408	8	0.0044	7	0.001 0.003*	—	—	8	0.0003 0.003*
7.	Капуджих	3	0.0450	3	0.0350	3	0.0030	—	—	—	—	—	—
8.	Кефашен	3	0.0095	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	Варденис	3	1.66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	Прошиберд	2	0.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Данные спектральных анализов.

Содержание редких элементов: Re, Se, Te, Bi в молибденитах различных стадий минерализации медно-молибденовых месторождений Загезурского рудного района*

Месторождение	Стадии минерализации	Рений		Селен		Теллур		Висмут	
		кол-во проб	среднее сол., %	кол-во проб	среднее сол., %	кол-во проб	среднее сол., %	кол-во проб	среднее сол., %
Каджаранское	1. Кварц-магнетитовая	4	0,0274	2	0,0300	2	0,0015	—	—
	2. Полевкопатовая	6	0,0390	4	0,0352	4	0,0032	—	—
	3. Кварц-молибденитовая	120	0,0297	114	0,0323	113	0,0051	66	0,0033
	4. Кварц-молибденит-халькопиритовая	66	0,0458	50	0,0408	50	0,0063	23	0,0045
	5. Кварц-халькопиритовая	12	0,0258	12	0,0235	12	0,0046	14	0,0036
	6. Кварц-пиритовая	17	0,0337	5	0,0280	5	0,0055	—	—
	7. Кварц-сфалерит-галенитовая	13	0,0305	—	—	—	—	—	—
Агаракское	1. Кварц-молибденитовая	94	0,0466	66	0,0195	60	0,0038	36	0,0062
	2. Кварц-халькопиритовая	26	0,0541	—	—	—	—	—	—
	3. Кварц-пиритовая	10	0,0535	—	—	—	—	—	—
Дастакертское	1. Кварц-молибденит-халькопиритовая	15	0,0274	15	0,0054	15	0,0032	6	0,0286
	2. Кварц-молибденит-халькопиритовая	5	0,0193	5	0,0112	5	0,0095	—	—
	3. Полевкопат-кварц-халькопиритовая	3	0,0182	3	0,0140	3	0,0022	—	—
Айгедзорское	1. Кварц-молибденит-халькопиритовая	11	0,0968	8	0,0048	8	0,0041	1	0,0010
Джиндаринское Мегригетское	1. Кварц-молибденитовая	8	0,0998	4	0,0328	4	0,0076	—	—
	1. Кварц-молибденитовая	1	0,0250	1	0,0057	1	0,0028	—	—
Анкасарское	1. Кварц-молибденитовая	2	0,0080	—	—	—	—	—	—
	2. Кварц-молибденит-халькопиритовая	1	0,0130	—	—	—	—	—	—

* Анализы выполнены главным образом в химической лаборатории ИГН АН АрмССР, а также в химических лабораториях ИМГРЭ (Москва) и «Армнипроцветмет» (Ереван).

Учитывая то обстоятельство, что на Агараком месторождении проявляется фациальное изменение текстурных особенностей молибденовых руд, выраженное в увеличении размеров чешуек молибденита с глубиной, то вполне естественно, что это увеличение содержания с глубиной связано с отмеченным явлением.

Как известно, крупнокристаллические агрегаты минералов в гидротермальных месторождениях образуются в условиях медленной кристаллизации растворов и естественно, что эти условия являются наиболее благоприятными для максимального вхождения редких и рассеянных элементов в решетку минералов.

Помимо общеизвестных редких и рассеянных элементов в молибденитах медно-молибденовых месторождений установлены элементы группы платины (платина и палладий), а также золото и серебро.

Геохимии элементов группы платины в рудах медно-молибденовых месторождений посвящены работы А. С. Фарамазяна и др. (1970₁, 1970₂).

В табл. 35 приводятся данные о содержании Pt и Pd в молибденитовых концентратах ряда медно-молибденовых месторождений Зангезура (Каджаран, Агарак, Дастакерт и Айгедзор), заимствованные из работ А. С. Фарамазяна. Помимо этих элементов в молибденитах установлено также золото и серебро.

Таблица 35

Содержание Pt и Pd в молибденитовых концентратах медно-молибденовых месторождений*

Месторождение		Mo %	Cu %	Pt _r /τ	Pd _r /τ	Pt:Pd
1.	Каджаран	49.40	0.55	0.22	0.391	0.6:1.0
2.	Каджаран	33.50	0.15	0.03	0.65	0.6:1.0
3.	Агарак	50.68	1.08	0.032	0.04	0.8:1.0
4.	Агарак	45.10	3.20	0.10	0.30	0.3:1.0
5.	Дастакерт	49.74	0.84	0.05	0.05	1.0:1.0
6.	Айгедзор	24.00	0.21	0.005	0.012	0.4:1.0

* Определения Mo и Cu проводились в химической лаборатории ИГН АН АрмССР. Pt и Pd в спектральной лаборатории ИГН АН КазССР методом количественного пробирно-спектрального анализа.

Содержание золота и серебра в молибденитах из различных месторождений приведены в табл. 36.

Как видно из табл. 36, содержания золота в молибденитах

медно-молибденовых месторождений довольно низкие и варьируют от сл. до 0,7 г/т.

Серебро хотя и присутствует во всех пробах, однако подвержено большим колебаниям и максимальные содержания его в молибденитах достигают 40 г/т.

Таблица 36

Содержание золота и серебра в молибденитах медно-молибденовых месторождений*

№№ проб	Месторождение	Содержание в г/т	
		Au	Ag
1. 29м/75	Анкасар	сл.	14,6
2. 36м/75	Анкасар	0,4	20,6
3. 34м/75	Каджаран	сл.	1,0
4. 3м/75	Каджаран	нет	1,6
5. 7м/75	Каджаран	нет	2,4
6. 24м/75	Агарак	нет	нет
7. 26м/75	Агарак	сл.	2,2
8. 28м/75	Агарак	0,7	11,4
9. 32м/75	Дастакерт	0,6	40,6
10. 69м/75	Айгелзор	0,4	38,6

* Анализы выполнены в пробирной лаборатории института «Армнипроцветмет».

Помимо молибденитов были исследованы на содержания Au и Ag и молибденитовые концентраты Каджаранского и Агаракского месторождений (см. табл. 35, 36).

Интересно привести данные технологического изучения руд Каджаранского месторождения на Au и Ag, которое проводила лаборатория Армнипроцветмета. В табл. 37 приводятся данные о содержаниях Au и Ag в молибденовых концентратах Каджаранского месторождения по квартальным технологическим пробам.

Таблица 37

Содержания Au и Ag в молибденитовых концентратах Каджаранского месторождения

№ п/п	Мо-концентрат	Mo %	Cu %	Au г/т	Ag г/т
1.	Технологическая проба II кв. 1975	50,17	0,36	0,60	21,5
2.	— " — I I кв. 1975	50,58	0,37	0,54	20,3
3.	— " — IV кв. 1975	50,64	0,37	0,58	24,2
4.	— " — I кв. 1976	50,56	0,37	0,6	23,0
5.	— " — II кв. 1976	50,36	0,42	0,5	26,8
6.	— " — III кв. 1976	50,06	0,45	0,6	22,2

Как видно из табл. 37, в молибденовых концентратах Каджаранского месторождения отмечается постоянное присутствие золота 0,5—0,6 г/т и серебра 20,0—26,0 г/т. Аналогичные сведения о содержании золота и серебра в молибденовых концентратах Агаракской фабрики приводятся в табл. 38, заимствованной из отчета Г. О. Пиджяна и А. С. Фарамазяна.

Таблица 38

Содержания золота и серебра в молибденовых концентратах Агаракского месторождения

Наименование пробы	Кол-во проб	Содержание			
		Mo%	Co%	Au г/т	Ag г/т
Молибденитовый концентрат	22	51,0	0,5	0,22	2,8—28,6 ср.—13,7

В Айодзорском рудном районе отмечаются несколько проявлений с медно-молибденовой минерализацией. К ним относятся Вардениское, Элпинское, Прошибердская группа (Прошиберд, Матур, Гладзори-бина, Гюли-Ванк Новый), Газминское, Гегарчинское, Каялинское, Мурадсарское, Туджурское.

В пределах отмеченных проявлений молибденит больших скоплений не образует и поэтому его экономическое значение в этом рудном районе незначительное. По условиям образования среди упомянутых рудопроявлений для исследователей (А. С. Фарамазян, А. Г. Акопян, 1963, Г. О. Пиджян, 1975) помимо медно-молибденовых месторождений, парагенетически связанных с олигоцен-нижемиоценовым интрузивным циклом, выделяют проявления (Элпин, Варденис), генетически связанные с миоплиоценовым вулканизмом.

Молибденит в месторождениях Айодзорского рудного района проявляется в виде маломощных кварц-молибденитовых прожилков, а также в виде вкрапленности во вмещающих породах.

Молибдениты вышеотмеченных рудопроявлений привлекли внимание исследователей весьма высоким содержанием в них рения. Первоначально И. Г. Магакьян, Г. О. Пиджян, Э. А. Хачатурян, а затем А. С. Фарамазян, А. Г. Акопян показали, что молибдениты Элпина, Вардениса, Прошиберда весьма богаты рением.

В ряде случаев в штучных образцах содержание рения выше содержания молибдена примерно на один порядок.

В табл. 39 приводятся данные о содержании Mo и Re в рудах

Содержания Мо и Re в штуфных пробах, молибденитовых концентратах, молибденитах из медно-молибденовых месторождений Айондзорского рудного района

№ п/п	Место взятия и характер пробы	Содержа- ние в %		Отно- шение Мо:Re	Автор
		Мо	Re		
1.	Вардениское месторождение				
	Центральный участок				
1.	Штуф оруденелой породы	0,004	0,019	1:5	А. С. Фарамазян
2.	" " "	0,007	0,019	1:3	А. Г. Акопян
3.	" " "	0,02	0,034	1:1,7	
4.	" " "	0,12	0,004		
5.	Штуф руды	0,52	0,007		
6.	Молибденовый концентрат	6,0	0,002		И. Г. Магакьян
7.	" " "	12,5	0,255		Н. С. Хачатрян
8.	" " "	29,0	0,94		Б. Д. Акопян
9.	Молибденит	58,34	1,88		А. С. Фарамазян
	Южный участок				
10.	Штуф оруденелой породы	0,009	0,00005		А. С. Фарамазян
11.	" " "	0,01	0,0002		А. Г. Акопян
12.	" " "	0,01	0,0001		
	II. Элпинское месторождение				
	Проба 1. шт. 2				
1.	Обогащенная руда	0,103	0,00041		А. С. Фарамазян
2.	Молибденовый концентрат	10,44	0,044		А. Г. Акопян
	Проба 2 рас. 1				
1.	Обогащенная руда	0,40	0,0045		
2.	Молибденовый концентрат	18,22	0,16		
3.	Молибденит	58,32	0,45		
	III. Прошибердское месторождение				
	Проба 3, шт. (жила)				
1.	Обогащенная руда	1,78	0,016		
2.	Молибденит	57,34	0,47		
	Проба 2 шт. 4 (прожилковая зона)				
1.	Обогащенная руда	0,88	0,012		
2.	Молибденит	56,12	0,39		
	IV. Газминское месторождение				
1.	Молибденит	60,0	0,7		Н. С. Хачатрян Б. Д. Акопян

и молибденитах Вардениского, Элпинского и Прошибердского проявлений, заимствованные у А. С. Фарамазяна и А. Г. Акопяна, 1963. Такие высокие содержания рения в рудах и молибденитах Айондзорских месторождений дали основание некоторым исследователям предположить присутствие в них собственных соединений Re.

Выявление молибденитов с весьма высоким содержанием Re—1,88% послужило основанием для постановки специальных исследований по вопросам изоморфизма между молибденом и рением в молибденитах (Фарамазян, Хуршудян, 1963).

Э. Х. Хуршудян были проведены прецизионные рентгеноструктурные анализы 8 образцов молибденитов с содержанием рения от 0,0002 до 1,88% (табл. 40).

Таблица 40

Содержания рения, селена и теллура в различных молибденитах и величина параметра элементарной ячейки «с»

Месторождение (рудопроявление)	Содержание примесей			Параметры $c \pm 0,001 \text{ \AA}$
	рений	селен	теллур	
Китай (неизвестное)	0,0002	не обн.	не обн.	12,300
Агарак	0,035	0,024	0,002	12,288
Каджаран	0,16	0,128	0,006	12,285
Гехи	0,22	—	—	12,265
Аравус	0,38	—	—	12,255
Элпин	0,45	0,042	0,006	12,251
Прошиберд	0,47	0,038	0,004	12,245
Варденис	1,88	0,016	0,003	12,233

Образцы изучались методом порошка в камере РКУ, диаметр 143,25 мм.

Полученные дебаеграммы, были проиндцированы в предположении гексагональной структуры молибденита и рассчитаны параметры элементарной ячейки «а» и «с». В результате этих исследований было установлено, что в зависимости от содержания рения параметр «а» остается постоянным ($a=3,16 \text{ \AA}$), а параметр «с» уменьшается непропорционально с увеличением содержаний Re.

В Памбакском рудном районе молибденит проявляется на Анкаванском медно-молибденовом месторождении, на его многочисленных участках: Центральном, Главном, Ближнем Дамир-Магара, Дальнем Дамир-Магара, Намазелян, Назыр-юрт. Молибденит на этих участках проявляется как в виде самостоятельных кварц-молибденитовых, кварц-молибденит-халькопиритовых прожилков, так и в виде отдельных вкрапленников во вмещающих породах.

На Анкаванском месторождении молибденит установлен в ряде минеральных ассоциаций: кварц-пиритовая, кварц-молибденитовая, кварц-молибденит-халькопиритовая, кварц-халькопиритовая. Молибдениты Анкаванского месторождения были исследованы на содержания в них редких и рассеянных элементов (Re, Se, Te

Г. О. Пиджян, 1975; Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян, 1962, табл. 41).

Помимо вышеотмеченных элементов в молибденитах Анкаванского месторождения установлен также Ge.

По данным Г. О. Пиджяна, здесь более крупночешуйчатые разности содержат Re больше, чем мелкочешуйчатые.

Молибденит в Алаверди-Кафанской зоне проявляется как на медно-молибденовых проявлениях (Техут, Шикахох, Цав), так и на собственно колчеданных месторождениях (Кафан, Шамлуг, Анкадзор, Агви, Спасакар). На медно-молибденовых проявлениях (Техут, Шикахох, Цав) молибденит встречается в виде кварц-молибденитовых прожилков, в которых образует отдельные чешуйки, либо скопления и тесно сросшиеся агрегаты.

Таблица 41

Содержания элементов-примесей в молибденитах Анкаванского месторождения*.

№ п/п	№ пробы	Место- рожде- ние	Стадия минерали- зации	Содержание в %				А в т о р
				Re	Se	Te	Ge	
1.	108	Анкаван	Кварц-молибденитовая	0,0340	0,0440	не. обн.	—	Г. О. Пиджян
2.	31	—	—	0,0260	0,0440	0,0006	—	—
3.	305	—	—	0,0300	0,0210	0,003	—	—
4.	322	—	—	0,0210	0,0160	0,0060	—	—
5.	333	—	—	0,0220	0,0110	0,0350	—	—
6.	50	—	—	0,0266	—	—	0,0001	—
7.	313	—	—	0,0220	0,0029	0,0025	—	—
8.	81	—	—	0,0190	0,0165	0,0165	0,0001	—
9.	4	—	—	0,0200	0,0230	не. обн.	—	—
10.	317	—	—	0,0170	—	—	—	—
11.	314	—	—	0,170	—	—	—	—
12.	1289	—	—	0,040	0,04	0,005	0,0001	Н. С. Хачатрян
13.	1291	—	—	0,026	0,040	0,005	—	—
14.	1293	—	—	0,01	0,035	0,005	0,0001	—
15.	1294	—	—	0,040	0,040	0,005	—	—

* Химические анализы Г. О. Пиджяна проведены в химической лаборатории ИГН АН АрмССР, а Н. С. Хачатряна в Центральной лаборатории УГ СМ АрмССР.

Сведения о содержании Re и других редких и рассеянных элементов весьма скудны.

На Техутском проявлении, по данным Н. С. Хачатряна и Б. Д. Акопян, в обогащенной молибденитовой пробе с Mo—19,16% содержание рения составило 76 г/т, Se—16 г/т, Te—16 г/т. По дан-

ным Г. О. Пиджяна (1975), в молибденовом концентрате с Мо—32,93% содержание Re составило 0,073%.

На Шикахохском проявлении, по данным Э. А. Хачатуряна, Р. Н. Зарьяна и К. В. Давтяна (1975), среднее содержание по 4 пробам в молибденитах составило (16%): Re—0,0066, Se—0,0037, Te—0,0023.

На собственно колчеданных месторождениях (Кафан, Шамлуг, Анкадзор, Агви, Спасакар) молибденит имеет чисто минералогическое значение и представлен в виде отдельных небольших чешуек в халькопирите, либо небольших молибденитовых жилков.

В пределах Алаверди-Кафанской зоны проявления молибденита установлены в последние годы также в пределах Цахкашатской интрузии и в Шамшадинском районе.

Проявления молибденита в Севано-Амасийской зоне весьма редки. К ним относятся проявления в районе Дилижан-Головино, а также рудника Арцруни. В этой же зоне отмечается и Гилютское проявление молибденита. Все эти проявления молибденита связаны с третичными интрузивными массивами, прорывающими эоценовые порфириты.

Молибденит здесь проявляется в виде редкой вкрапленности и примазок и имеет только минералогическое значение. Каких-либо сведений о минеральных ассоциациях, либо редких и рассеянных элементов в молибденитах указанных проявлений в литературе не имеется.

* * *

Исследования по содержанию примесей редких и рассеянных элементов в молибденитах показали, что рений является наиболее важным в промышленном отношении редким элементом, постоянно присутствующим в молибденитах всех месторождений. Его содержание в молибденитах варьирует в пределах 0,008—1,88%.

Различие это, очевидно, связано с температурными условиями формирования месторождения, а также и со специализацией растворов, проявляющихся в пределах отдельных рудных районов и месторождений.

В табл. 42 приводятся сводные данные по содержанию рения в молибденитах 20 месторождений и рудопроявлений Армянской ССР.

Молибденит из различных минеральных ассоциаций многих медно-молибденовых месторождений был изучен спектральным анализом. В нем была установлена большая гамма элементов-примесей. Часть этих элементов (Si, Al, Mg, Ca, Fe, Ti, Mn), очевидно,

присутствует в виде механической примеси за счет породообразующих минералов, ввиду нечистого отбора молибденитов.

Другая группа, в основном металлогенных элементов, присутствует в молибдените в виде изоморфной или другой примеси. К таким элементам относятся: Ni, Co, V, W, Cu, Pb, Ag, Sb, As, Bi, Zn, Au, Cd, Sn, Be.

Таблица 42

Содержания рения в молибденитах медно-молибденовых месторождений
Армянской ССР*

№ п/п	Месторождения и проявления	Кол-во анали- зов	Содержание Re в %	
			от—до	среднее
1	Калер (пегматиты)	1	0,063	0,063
2	Кефашен (скарны)	3	0,008—0,01	0,0095
3	Дастакерт	23	0,0110—0,0470	0,02419
4	Анкаван	15	0,01—0,170	0,0282
5	Казанлич	1	0,027	0,027
6	Каджаран	237	0,0033—0,2620	0,02448
7	Агарак	106	0,00573—0,6310	0,08218
8	Капутджик	2	0,03—0,055	0,0425
9	Джиндара	6	0,0472—0,1650	0,09761
10	Айгедзор	11	0,0720—0,1250	0,09679
11	Мегри-гет	1	0,0250	0,0250
12	Гехи	1	0,22	0,22
13	Анкасар	3	0,0066—0,0130	0,0098
14	Аравус	1	0,38	0,38
15	Прошиберд	2	0,39—0,47	0,43
16	Элпин	1	0,45	0,45
17	Газма	1	0,70	0,70
18	Варденис	3	1,22—1,88	1,66
19	Шикахох	4	0,008—0,110	0,0066
20	Техут	2	0,0103—0,0288	0,0170

* Сводная таблица составлена по материалам Р. Н. Зарьяна, Г. О. Пиджяна, А. С. Фарамазяна, К. А. Карамяна, В. Н. Гороховой, Н. С. Хачатряна, Б. Д. Акопян, С. С. Акмаевой и др.

Содержания части элементов этой группы, к которым относятся Cu, Zn, Pb, варьируют в большом диапазоне—от целых процентов до тысячных. Это обусловлено механической примесью в молибденитах халькопирита, сфалерита и галенита. Высокие содержания этих элементов установлены главным образом в молибденитах, где в рудах присутствуют вышеотмеченные минералы.

Никель и кобальт являются элементами, которые присутствуют постоянно. Однако их содержания весьма низкие—это тысячные и

десятитысячные проценты. В этой паре элементов постоянно содержания кобальта преобладают над содержаниями никеля.

Вольфрам присутствует во многих пробах молибденита, содержание его обычно низкое—0,0022—0,0013. На Каджаранском месторождении в кварц-молибденитовых прожилках установлены выделения шеелита. Часть W в молибденитах, очевидно, связана с шеелитом.

Серебро—является характерным элементом-примесью в молибдените. Содержание его варьирует в пределах $3,2 \cdot 10^{-5}$ —0,005%.

Висмут также является характерной примесью молибденита. Он присутствует почти во всех пробах. Однако его содержание варьирует в больших пределах—0,00015—0,036%.

Молибденит в рудах ряда месторождений Армянской ССР имеет большое промышленное значение.

Марказит— FeS_2 . Теоретический состав: Fe—46,6%, S—53,4%. В качестве примесей присутствуют Mn, Ti, Ni, Co, Cr, As, Sb, Cu, Zn, Pb, Bi, Ag, Te, Se, Tl—от десятитысячных до десятых долей процента. Содержание некоторых металлов обусловлено наличием существующего изо- или гетеровалентного изоморфизма между парами элементов Fe—Ti, Fe—Ni, Fe—Co, Fe—Mn, S—Se и др.

Сингония ромбическая; вид симметрии—ромбо-дипирамидальный. Блеск марказита металлический, а цвет латунно-желтый с сероватым или зеленоватым оттенком. Имеет двойниковое строение.

В отраженном свете отчетливо анизотропен с характерным цветным эффектом от зеленоватых до фиолетовых и коричневых. Двухотражение в воздухе четко заметно. Отражательная способность высокая ($R=55\%$). Относительный рельеф чуть меньше, чем у пирита ($H=5-6$). По поведению в кислотах совершенно аналогичен пириту (см. пирит).

Марказит встречается в медно-молибденовых (Агарак, рис. 63), медно-мышьяковых (Анкаван), медноколчеданных (Кафан, Шамлуг) и полиметаллических (Зод, Тей, Азатек, рис. рис. 64, 65) рудах месторождений. Размер отдельных выделений достигает 2,0 мм. Характерны полисинтетические и пластинчатые двойники. Имеет зональное строение. В рудах обычно сростается с пиритом. В Агараке довольно обычен и ассоциирует с мельниковит-пиритом (рис. 66).

На Зодском залоторудном месторождении марказит ассоциирует с пиритом, пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, галенитом и др. Здесь он образует короткостолбчатые и копьевидные кристаллы, зернистые, перистые, радиально-лучистые

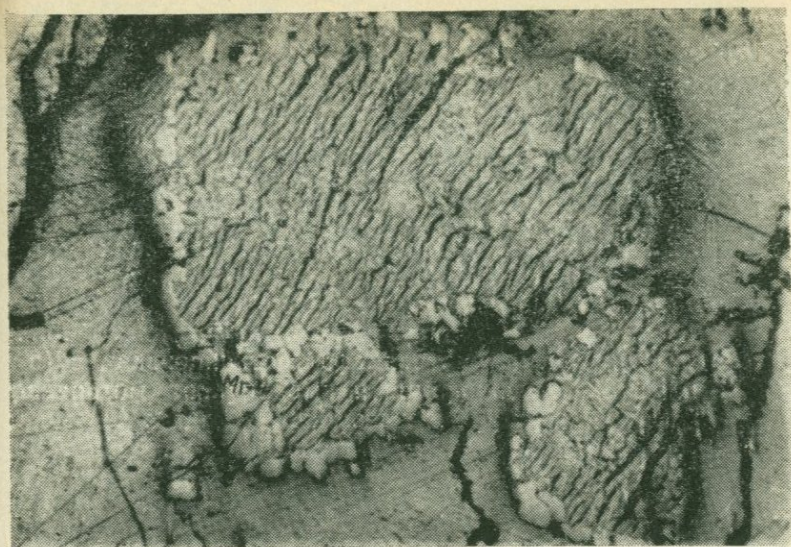


Рис. 63. Метакристаллы марказита (Mr), образованные по краям «почки» геля-пирита; в последнем—многочисленные трещинки усыхания. Месторождение Агарак. Аншлиф, х220. По А. С. Фарамазяну.

агрегаты. Иногда тесно срастающиеся выделения пирита и марказита образуют прожилки в хромите и магнетите.

На медноколчеданных месторождениях (Кафан, Шамлуг) неправильные формы выделения (до 0,5 мм) марказита совместно с пиритом, халькопиритом и кварцем встречаются в рудах серноколчеданной стадии минерализации. В некоторых случаях зерна марказита, будучи более ранними, окружаются выделениями халькопирита.

В медно-мышьяковых рудах Анкаванского медно-молибденового месторождения марказит, являясь одним из ранних минералов, образовался раньше халькопирита, теннантита и энаргита, но несколько позднее пирита.

В марказите Зодского месторождения спектральным анализом обнаружены: (%): Mn—0,0003; Bi—0,00032; Co—0,002; Cr—0,003; Au—0,0032; Ag—0,0056; Pb—0,018; Sb, Zn—0,032; As—0,32.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.



Рис. 64. Халькопирит (Cp) замещается марказитом (Mg). Месторождение Тей. Аншлиф, х42. По Ш. О. Амиряну.

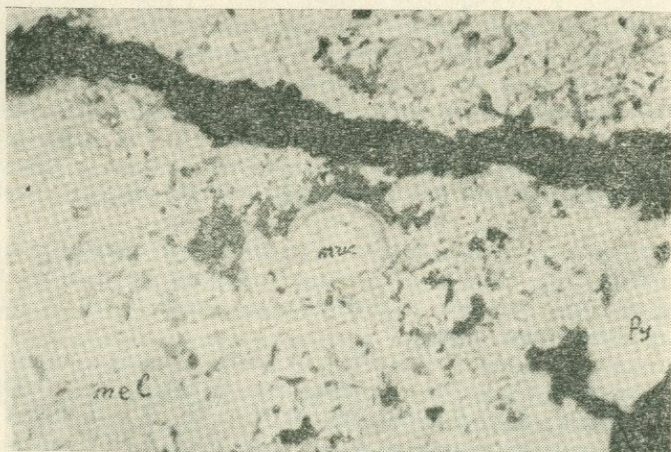


Рис. 65. Ассоциация марказита (Mg), мельниковита (Mel) и пирита (Py). Месторождение Азатек. Аншлиф, х100. По Ш. О. Амиряну.

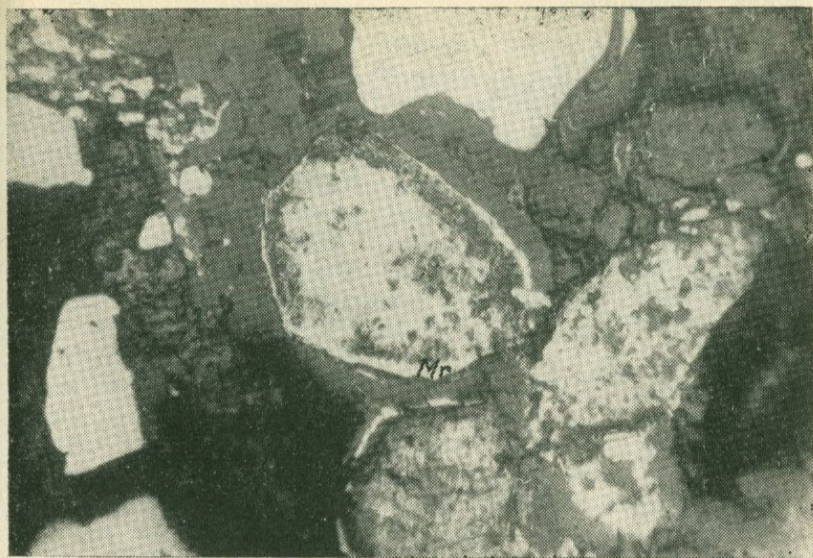


Рис. 66. Раскристаллизация мельниковита с образованием по краям его выделений марказита (Mg). Месторождение Агарак. Аншлиф, $\times 90$. По К. А. Карамяну.

II класс СЛОЖНЫЕ СУЛЬФИДЫ (СУЛЬФОСОЛИ)

Группа штромейерита	— штромейерит
—»— кобальтина	— кобальтин
	— герсдорфит
—»— арсенопирита	— арсенопирит
	— гудмундит
—»— пираргирита	— пираргирит
—»— блеклых руд	— теннантит
	— тетраэдрит
—»— колусита	— колусит
	— германит
	— реньерит
—»— халькопирита	— халькопирит
	— кубанит
	— станнин
—»— фаматиннита	— люцонит
	— фаматиннит
—»— миаргирита	— миаргирит
	— арамайойт

Группа	грейтонита	матильдит
—»—	козалита	— геокронит
—»—	энаргита	— козалит
—»—	Халькостибнита	— энаргит
		эмплектит
—»—	бурнонита	купробисмутит
		— зелигманит
		бурнонит
—»—	бертьерита	айкинит
—»—	джетсонита	— бертьерит
—»—	галенобисмутита	— джетсонит
—»—	борнита	— галенобисмутит
		— борнит
—»—	соедин. типа $A_mB_nX_p$	идаит
		— кермезит
		ялпаит
		пирсеит
		полибазит
		стефанит
		виттихенит
		буланжерит
		семсейит
		цинкениит
		плагионит

Штромейерит— $Ag_{1-x}CuS$. Сингония ромбическая. Теоретический состав: Ag—53,03%; Cu—31,19%; S—15,76%. Содержит примеси Fe, Zn, Pb. Установлен в рудах Ахтальского месторождения (А. И. Карапетян, 1961; В. О. Пароникян, 1967). В количестве до 10—15% площади полированного шлифа встречен в борнит-теннантитовых рудах в парагенезисе с самородным серебром, галенитом, блеклой рудой, ялпаитом, аргентитом, стефанитом, полибазитом, а также борнитом и халькопиритом. Этот тип минерализации имеет в целом ограниченное распространение, наложен на полиметаллическую стадию и образует гнездообразное, линзообразное скопление на границе между линзой барита и полиметаллической рудой. Штромейерит представлен аллотриоморфнозернистыми агрегатами в сульфидах и на стыках сульфидов. Нередко тонкие мономинеральные его прожилки мощностью 1—1,5 см пересекают халькопирит, борнит, теннантит, сфалерит и галенит. Отмечаются субграфические срастания штромейерита с акантитом и ялпаитом (см. рис. 109).

Цвет штромейерита в свежем изломе стально-серый с сильным металлическим блеском. От исходного халькозина отличается отсутствием нежно-зеленого оттенка. Полируется в целом удов-

летворительно, всегда оставаясь тонкоисштрихованным. Относительный рельеф заметно ниже, чем у галенита и немного выше, чем у акантита. Микротвердость колеблется в пределах 39—57 кгс/мм² и по 19 замерам на приборе ПМТ—3 составляет в среднем 51,3 кгс/мм² при $V=9,3\%$. Удельный вес минерала, определенный методом измерения объема и веса из микронавески, составляет 6,16.

Цвет штрмейерита в отраженном свете серо-белый с нежно-сиреневым оттенком. Отражательная способность по 4 измерениям для оранжевых лучей составляет в среднем 26,6%. Дисперсия отражательной способности штрмейерита характеризуется максимумом в синей и фиолетовой части спектра (табл. 43), что хорошо согласуется с его розовато-фиолетовым оттенком. Двухотражение от слабого до умеренного; в масле заметно усиливается, с цветным эффектом: буровато-серый (темное положение) и серо-белый с нежно-розовым оттенком (светлое положение). В скрещенных николях умеренно-сильно анизотропный; при этом проявляется красивая внутренняя структура мономинерального агрегата, напоминающая олеандровые листья, расположенные в виде решетки или же паркета. Встречаются также агрегаты с аллотриоморфно-зернистой внутренней структурой.

Подобные структуры возникают при превращении кубического штрмейерита в ромбический (П. Рамдор, 1962). Температура инверсии равна 93°C. Если исключить возможность искусственного нагревания шлифов (П. Рамдор, 1962), то температуру образования штрмейерита Ахтальского месторождения можно принять выше 93°C.

Химический анализ Ахтальского штрмейерита показал наличие (В. О. Пароникян, 1967): Ag—50,38 %; Cu—31,62 %; S—16,25 %; Fe—0,26 %; As—0,18 %; Sb—0,66 % (аналитик Л. Е. Нестерова). Этим данным соответствует формула $Ag_{0,92}Cu_{0,89}S$. Спектральными анализами в 5 пробах мономинерального штрмейерита установлены: Sb—0,63; As—0,44; Zn—0,96; Ti, Cd—0,01; Mo—0,016; Mn—0,04; Ge—0,0025; Au—0,0019; V, Cr—0,0014; Hg—0,0007; Sn—0,0004; Ni—0,0001 (в %).

Принадлежность к штрмейериту подтверждена рентгенометрическими исследованиями (В. О. Пароникян, 1962). Межплоскостные расстояния штрмейерита, определенные как методом порошка, так и шарика с резиновым клеем, приведены в табл. 44. Полученные результаты идентичны таковым штрмейерита из Канады (Минералы, т. 1, 1960).

В литературе штрмейерит описывается как в продуктах зоны вторичного сульфидного обогащения, так и в гидротермальных образованиях. В последнем случае он встречается в самых различных формационных типах руд и парагенетических ассоциациях

Дисперсия отражательной способности некоторых рудных минералов
(по В. О. Пароникану)*

Минерал	Месторождение	λ в м μ ;			R(%)		
		443	465	499	525	557	590
Штрмейерит	Ахтала	32,8	32,2	31,2	30,0	28,0	26,1
	—	19,2	18,4	17,5	16,6	15,3	14,2
Стефанит	—	33,8	33,6	33,0	32,2	31,2	29,8
	—	21,0	20,8	20,4	20,0	19,2	18,0
Бурнонит	Азатек, Каялу, Гюмушхана	36,5	36,5	35,5	34,8	33,7	32,1
Геокронит	Азатек		38,0		38,5	39,9	38,9
Айкинит	Гюмушхана	38,8	44,9	48,4	49,4	49,6	49,4
	—	37,8	41,2	43,4	44,3	45,0	45,0
	—			35,6	36,3	37,4	35,3
	—	23,4	24,2	27,6	28,1	27,7	27,7
	Каялу	41,4	43,7	45,8	47,0	46,7	45,6
Козалит	—	51,6	43,2	40,4	39,9	35,3	37,1
Галенит—эталон		51,6	49,5	47,3	45,8	44,9	44,4
Тетраздрит—эталон		34,8	34,8	34,8	34,6	34,0	32,8
Теннантит—эталон		32,7	32,6	32,3	31,6	30,1	28,1

* Измерение отражательной способности произведено фотометрическим окуляром с оптическим клином И. С. Вольнского (ОКФ-1) в ИМГРЭ. Дисперсия отражательной способности эталонов (данные минералогической лаборатории ИМГРЭ).

минералов. Штрмейерит устанавливается в борнит-теннантитовых (сходных с Ахталскими) рудах колчеданных месторождений Урала (Дзержинское, Первомайское, им. III Интернационала) в колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая (Б. И. Вейц, И. Б. Покровская, 1957), в формации Ag—Co—Ni—U руд Большого Медвежьего озера (Канада), в серебряных месторождениях Мексики (Гуанасеви) и оловянно-серебряных рудах месторождения Потоси (Боливия).

Кобальтин—CoAsS, кубическая сингония, в связи с понижением температуры переходит в ромбоэдрическую разность.

Теоретический состав в %: Co—35,53; As—45,15 и S—19,32. Встречается в виде идиоморфных кристаллов и их агрегатов. Твердость: 5,5, микротвердость: 950,3—1050,5 кгс/мм², при нагрузке 20 г. Уд. вес 6,3. Непрозрачный, белый с отчетливым розовым оттенком. Блеск сильный, металлический. В отраженном свете характеризуется белым цветом с розовым оттенком, высокой отражательной способностью—коэффициент отражения для красной части спектра составляет 49—51%. По сравнению с арсенопиритом розоватый, с пиритом—белый с розовым оттенком. Твердость высокая—выше арсенопирита, но ниже пирита. Двуотражающий, что замет-

				Условия измерения
617	650	671	704	
25,2	24,3	24,3	24,3	В воздухе; эталон—теннантит
13,7	13,3	13,2	13,1	В масле; эталон—теннантит
28,2	26,4	25,6	24,7	В воздухе; эталон—теннантит
16,8	15,6	15,0	14,2	В масле; эталон—теннантит
30,8	29,6	29,0	28,4	В воздухе; эталон—теннантит и тетраэдрит
	35,5		34,5	В воздухе; эталон—галенит
48,6	47,2	45,8	44,4	Rg—в воздухе; эталон—галенит
44,5	43,4	43,0	42,4	Rp—в воздухе; эталон—галенит
35,2	34,8	32,3	30,5	Rg—в масле; эталон—галенит
26,2	25,2	24,6	24,6	Rp—в масле; эталон—галенит
				Rg+Rp
44,8	44,0	43,4	42,8	2 — в воздухе; эталон—галенит
39,4	39,3	40,1	40,1	В воздухе; эталон—галенит
44,3	44,2	44,2	44,2	В воздухе
31,6	30,4	29,8	29,2	В воздухе
26,3	25,0	24,5	24,3	В воздухе

Таблица 44

Межплоскостные расстояния штрмейерита из Ахтальского месторождения*

Обр. 722 ⁶			
l	d _{α/n}	l	d _{α/n}
1	3,443	1	1,584
4	2,317	1	1,455
4	3,056	7	1,423
10	2,62	1	1,309
2	2,547	5	1,260
1	2,086	5	1,237
4	2,041	—	—
4	2,002	3	1,131
1	1,930	3	1,108
8	1,889	3	1,096
8	1,746	—	—

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР С. В. Геворкян. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni-излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 6 ч.

но в иммерсии и особенно в зернистых агрегатах. Слабо анизотропный. Двуотражение и анизотропность обусловлены тем, что кобальтин представлен ромбоэдрической разностью. Образует двойники. Отдельные зерна характеризуются зональным строением. Спайность обнаруживается отчетливо. Стандартные реактивы не действуют. Под действием $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ обнаруживаются очертания зерен и двойники. Слабо травится от HNO_3 . Микрoхимия на Co положительна. Микроспектральным анализом в са-

мостоятельных выделениях определен Со и в незначительных количествах Fe и Ni.

Рентгенограмма кобальтина приводится в табл. 45.

Таблица 45

Межплоскостные расстояния кобальтина и коринита*

Кобальтин						Коринит					
I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
4	(3,52)	1	1,797	1	1,294	1	3,68	1	2,08	1	1,237
9	3,22	9	1,703	2	1,247	1	3,57	3	2,00	1	1,211
9	2,82	1	(1,665)	3	1,230	1	3,32	2	1,794	1	1,168
10	2,53	1	1,630	2	1,201	10	3,21	8	1,726	2	1,093
1	2,36	1	1,603	3	1,152	8	2,84	4	1,576	1	1,056
9	2,30	4	1,550	7	1,085	10	2,54	5	1,519	1	1,038
4	2,18	5	1,508	6	1,047	2	2,35	3	1,484	1	1,027
5	2,05	1	1,431	5	1,029	6	2,32	1	1,408		
3	1,872	1	1,397	6	0,997	3	2,16	2	1,380		

* Рентгеновские анализы кобальтина и коринита выполнены в ЦНИГРИ (П. С. Бернштейн и др., 1968).

Кобальтин установлен в полисульфидных рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1960, 1974) в ассоциации с герсдорфитом, арсенопиритом, линнеит-полидимитом, хлоантитом, галенитом, халькопиритом, пиритом, сфалеритом и многими другими минералами. Идиоморфные выделения и зернистые агрегаты размером 0,01—0,05 мм. Монокристаллы обычно октаэдрического или гексаэдрического облика, а агрегаты зазубрены. Кобальтин замещается теллуридами и золотом. В виде идиоморфных включений находится в халькопирите, пирите, арсенопирите и кварце.

В связи с наличием кобальтина и линнеита, полисульфидные руды месторождения характеризуются довольно высоким содержанием кобальта, который можно извлечь при соответствующей схеме переработки руд.

Герсдорфит—NiAsS. Кубическая сингония. Обычными формами являются (100), (111), редко (210). Спайность совершенная по (100). Теоретический состав (в %): Ni—35,42; As—45,23; S—19,35. Хрупкий, твердость 5, микротвердость: $H_{cp} = 554$ кгс/мм². Непрозрачный, серебристо-белый, до стально-серого. Блеск металлический. Микроспектральным анализом в минерале определены: Ni, As (много), Fe, Co, Sb. Присутствие Fe, Co и Sb в небольших количествах связано с наличием переходной к ульманиту разности—коринита, что доказывается рентгенометрическими данными.

В отраженном свете характеризуется белым цветом. Коэффици-

циент отражения для зеленой части спектра составляет 49%. Изотропный, без двуотражения и внутренних рефлексов.

Травится от HNO_3 (вскипает, чернеет), царской водки, нередко от FeCl_3 и HgCl_2 (легкая коричневая побежалость). Структурное травление происходит от $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$, царской водки, концентрированной HNO_3 .

Образует изометрические и неправильные выделения нередко с треугольниками выкрашивания. Спайность и зональность минерала выявляются также замещением его другими минералами (рис. 67).

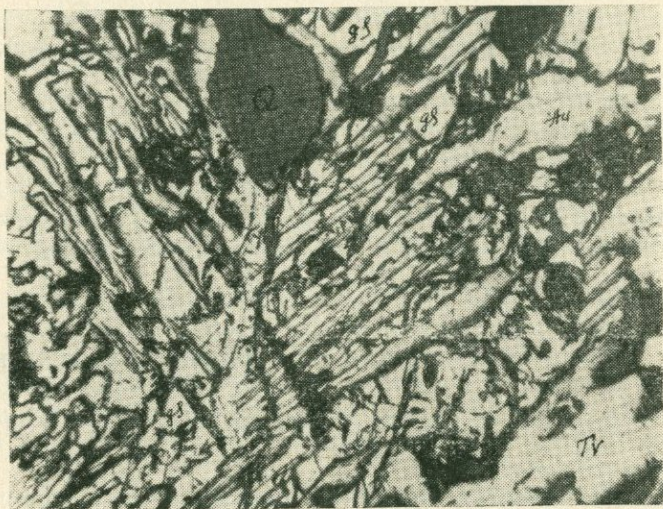


Рис. 67. Замещение герсдорфита (Gs) теллуrowисмутитом (Tv) и золотом (Au). Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

Герсдорфит установлен на Зодском месторождении (Амирян Ш. О., 1960, 1974) в ассоциации пирита, арсенопирита, хлоантита, кобальтина, ульманита, линнеит-полидимита, вазсита и бравойта. Изометрические и зернистые агрегаты размером 0,05—0,1 мм. Отсутствие или небольшое содержание сурьмы подтверждает принадлежность минерала к герсдорфиту. Следует отметить, что в описанных рудах встречаются многие минералы следующих элементов: Ni, Co, Fe, Sb, As, S. Минералы этого парагенезиса замещают пирит, арсенопирит и бравойт. Как в герсдорфите, так и в других минералах группы наблюдаются включения теллуридов и золота. По-видимому, они являются хорошими осадителями золота. Видимо, минералы группы скорее всего образовались в ре-

зультате переотложения Ni и Co из вмещающих основных и ультраосновных пород, так как часто они приурочены к теневым участкам включений пород. Практического значения герсдорфит в рудах Армянской ССР не имеет.

Арсенопирит— FeAsS , моноклинная (?) сингония, очень резко выражен псевдоромбический облик. Кристаллы столбчатые, по (010) и (001). Образует двойники параллельно (010), (100) и (001), нередко наблюдаются тройники. Самостоятельные кристаллы иногда имеют зональное строение. Обычно образует идиоморфнозернистые агрегаты, звездчатые тройники, крестообразные двойники и иные формы.

Массивные, крупнозернистые агрегаты наблюдаются у сравнительно высокотемпературных разностей, остальные формы характерны для низкотемпературного арсенопирита.

Удельный вес арсенопирита 6,0—6,2. Твердость 5,5—6. Микротвердость для ранних, сравнительно высокотемпературных генераций составляет от 700 до 1400 кгс/мм², а для поздней, низкотемпературной генерации—от 600 до 1200 кгс/мм². Хрупкий, непрозрачный. Блеск металлический. Цвет от серебисто-белого до цинково-белого, стально-серого. Очень быстро покрывается побежалостью.

В отраженном свете белый с очень тонким кремовым оттенком, что хорошо наблюдается при сравнении с алтаитом. Отражательная способность высокая, коэффициент отражения для красной части спектра составляет 51,2—54,0%. Двуотражение в воздухе наблюдается на зернистых агрегатах и особенно на границах зерен. Сильно анизотропный с цветным эффектом в нежно-розовых—зеленоватых тонах.

От HNO_3 вскипает и иризирует, окрашивается в коричневый цвет. В отличие от лёллингита не травится конц. FeCl_3 . Структура выявляется травлением $\text{KOH} + \text{H}_2\text{O}_2$ (30%) или $\text{KMnO}_4 + \text{KOH}$ в течение 10—60 сек. В связи с хрупкостью у арсенопирита хорошо проявляется катаклиз. Трещины катаклаза залечиваются поздними минералами. Теоретический состав: Fe—34,30, As—46,01, S—19,69 (в %).

Химические анализы арсенопирита из Зодского месторождения показали следующие результаты: Fe—34,0%, As—45,5%, S—20,3%, н.о.—0,1% (аналитик Бозоян О. А.). Арсенопирит Тейского месторождения по К. А. Карамяну содержит: Fe—34%, As—46,25%, S—19,5%; сумма 99,75%. Кроме того в арсенопиритах установлены примеси и других элементов (табл. 46). Рентгенограмма арсенопирита приводится в табл. 47.

Арсенопирит является одним из распространенных минералов в рудах Армянской ССР. Он установлен в рудах золоторудных (Зод, Тей, Гегарчин, Мерградзор, Гамзачиман; Амирян Ш. О.,

Таблица 46

Характер распределения элементов-примесей в арсенопиритах*

Ассоциации минералов и месторождения	Содержания элементов в %								Содержания элементов в г/т								
	Ni	Co	Zn	Pb	Cu	Sb	Cr	Sn	Se	Te	Bi	Ga	Ge	In	Cd	Au	Ag
Пирит-арсенопиритовая ассоциация. Зод	0,086	0,005	0,13	0,125	0,110	0,092	0,006	0,0001	22,0	50,0	75,0	2,2	1,1	7,0	60,0	143,0	66,0
Полиметаллическая ассоциация. Зод	28	28	28	28	28	28	28	28	10	10	10	10	5	10	28	28	28
Пирит-арсенопиритовая ассоциация. Зод	0,061	0,007	0,29	0,19	0,05	0,094	0,001	н. обн.	30,0	160,0	230,0	1,7	0,7	7,3	60,0	540,0	970,0
Антимонит-сульфоантимонитовая ассоциация. Зод	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7
Кварц-арсенопиритовая ассоциация. Тей	0,18	0,01	0,03	0,11	0,016	0,36	0,1	н. обн.		1000,0	360,0					1000,0	20,0
Пирит-пирротин-арсенопиритовая ассоциация. Гегарчин	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2					2	2
Полиметаллическая ассоциация. Гамзачиман	0,0005		0,001	0,3	0,3	0,05			25,0	55,0	270,0	2,6	2,0	10,0	100,0	45,0	98,14
	13		13	13	13	13			13	13	13	9	12	12	11	5	5
Пирит-пирротин-арсенопиритовая ассоциация. Гегарчин	0,001	0,002	0,3	0,3	0,3	0,3			30,0	35,0	200,0	1,5	3,5	н. о.	30,0	10,0	300,0
Полиметаллическая ассоциация. Гамзачиман	3	3	3	3	3	3			3	3	3	3	3	3	3	3	3
	0,006		0,1	0,03	3,0	0,1			40,0	40,0	20,0	1,5	1,4	н. о.	3,5	50,0	60,0
	2		2	2	2	2			2	2	2	2	2	2	2	2	2

* Анализы произведены в ЦОАЛ ИГН АН АрмССР химическими и спектральными методами.

1960, 1963, 1964, 1966, 1971, 1974) и меньше—медно-молибденовых (Агарак, И. Г. Магакян; Дастакерт, Анкаван, Г. О. Пиджян, 1975) месторождений. Довольно большие скопления арсенопирит образует на Зодском, Тейском и Гегарчинском месторождениях. На Зодском месторождении он установлен в трех ассоциациях: золото-пирит-арсенопиритовой, полисульфидной и антимонитовой. При этом в антимонитовой ассоциации он низкотемпературный, игольчатый (рис. 68). В первых двух ассоциациях образует толстопризматические выделения и массивные агрегаты раз-

Таблица 47

Межплоскостные расстояния арсенопирита из Зодского месторождения

Низкотемпературный арсенопирит*				Среднетемператур- ный арсенопирит**			
2	3,08	5	1,533	3	3,68	4	1,544
3—4	2,91	3	1,436	1	2,96	5	1,534
2	2,81	2	1,423	2	1,84	1	1,498
10	2,64	3	1,385	10ш	2,65	1	1,485
2	2,53	6	1,342	1	2,54	1	1,411
9	2,41	1	1,300	10ш	2,44	1	1,388
3	2,19	1	1,273	2	2,29	6ш	1,348
3	2,08	5	1,218	2	2,11	1	1,301
4	1,990	1	1,167	3	2,01	1	1,270
3	1,930	1	1,133	4	1,937	5	1,218
9	1,808	4	1,109	8	1,826	1	1,193
5	1,752	3	1,070	7	1,812	2ш	1,170
4	1,690	3	1,052	5	1,763	1	1,127
6	1,623	4	1,045	1	1,753	3ш	1,111
4	1,603	4	1,028	1ш	1,688	3ш	1,071
2	1,586	5	1,007	7	1,635	3ш	1,045
				3	1,619	1	1,029
				3	1,591	3ш	1,006

* Анализ низкотемпературного арсенопирита выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $Fe_{\alpha\beta}$ — излучение, D—57,3; d—0,5 эксп. 6 ч.

** Анализ среднетемпературного арсенопирита выполнен в ЦНИГРИ (П. С. Бернштейн и др., 1968).

мером 0,5—3 см. Размер зерен составляет 0,3—1 см. Ассоциация низкотемпературного арсенопирита проявляется на контактах антимонитовых жил, где он образует радиально-лучистые агрегаты, крестообразные двойники, звездчатые тройники и метакристаллы размером 0,2—0,3 см в длину. Вероятно, эта генерация арсено-

пирита является продуктом переотложения. В первой ассоциации: сопутствующими минералами являются пирит, лёллингит, сфалерит (рис. 69), золото, редко теннантит, галенит и теллуриды. Во второй ассоциации—пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, золото, герсдорфит, миллерит, никелин, бравоит, пирротин, ваэсит, сильванит, алтаит и многие другие минералы. В третьей ассоциации он встречается с марказитом, антимонитом, бертьеритом, редко халькопиритом, блеклой рудой и галенитом.

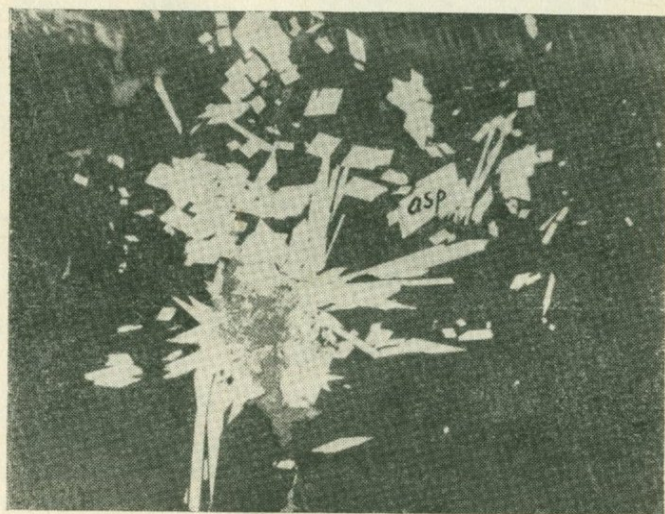


Рис. 68. Лучистый агрегат низкотемпературного арсенопирита (Asp) в кварце. Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

Разновременные образования арсенопирита отличаются друг от друга не только внешними формами, размерами, агрегатным состоянием, но и микротвердостью, содержанием примесей (см. табл. 46) и ассоциацией минералов. Во всех генерациях арсенопирита из Зода установлены повышенные концентрации золота и редких элементов.

На Тейском месторождении арсенопирит установлен в золото-арсенопирит-теннантит-галенит-сфалеритовой ассоциации (Амирян Ш. О., Тунян Г. А., 1971), где он представлен низкотемпературной разновидью. Отмеченная ассоциация образует прожилки, гнезда, карманы. Она является цементом брекчии более ранней сфалерит-галенитовой минеральной ассоциации, участвует в сложении кокардовых текстур руд.

На Гегарчинском месторождении установлены высоко- и низкотемпературные разности арсенопирита (Амирян Ш. О., Акопян А. Г., 1963). Первая в ассоциации пирита и пирротина проявляется в экзоконтактовых порфиритах Каялинского интрузивного массива, а вторая—в ассоциации халькопирита, сфалерита, галенита и сульфосолей Sb, Ag, Bi, Cu в полиметаллических и сульфоантимонитовых жилах.

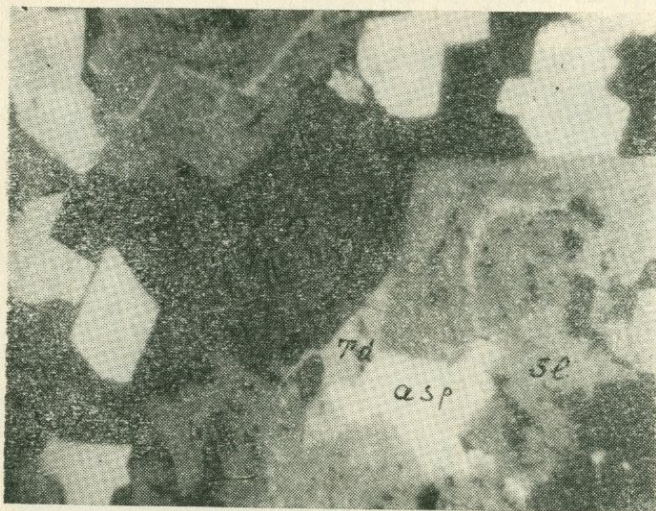


Рис. 69. Ассоциация арсенопирита (Asp) со сфалеритом (Sl) и тетраэдритом (Td). Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

В рудах Меградзорского и Гамзачиманского месторождений арсенопирит встречается редко, при этом только в полиметаллической ассоциации. Еще реже он встречается в полиметаллических рудах Каджаранского, Айгедзорского и других месторождений и проявлений (Газма, Агарак).

На медно-молибденовых месторождениях арсенопирит установлен в прожилках кварц-халькопирит-молибденитовой, кварц-халькопиритовой, кварц-молибденитовой и кварц-теннантит-энаргитовой стадий минерализации в виде отдельных эвгедральных зерен, размерами от 0,001 мм до 0,05 мм.

В перечисленных ассоциациях арсенопирит является одним из ранних минералов, поэтому он замещается остальными минералами и характеризуется повышенными концентрациями элемен-

тов замещающих минералов. Золотоносные разности арсенопирита представляют практический интерес.

Гудмундит— FeSbS . Моноклинная сингония. Образует столбчатые кристаллы. Цвет от серебряно-белого до стально-серого. Твердость 6, уд. вес 6,91. С металлическим блеском.

В отраженном свете имеет белый цвет, в иммерсии—слегка розовый оттенок, что хорошо наблюдается по сравнению с арсенопиритом. Интенсивность отражения равна или несколько выше арсенопирита. Коэффициент отражения по $R_g=53,9-58,2\%$, по $R_p=51,5-54,3\%$. Двуотражение отчетливое, с цветным эффектом в белых, розовых тонах. Анизотропия сильная с цветным эффектом в белых, серых, зеленых, голубых, коричневых и фиолетовых тонах. Твердость низкая, ниже, чем у арсенопирита, но выше, чем у пирротина. Микротвердость: $H_{cp}=645 \text{ кгс/мм}^2$. Спайность отсутствует. Образует двойники, отличающиеся по твердости. Травится от HNO_3 —чернеет с вскипанием. Локальными микроспектральными анализами в минерале определены: Fe, Sb (много), Cu, Pb, As (следы).

Гудмундит—редкий минерал, установлен в рудах Зодского золоторудного месторождения (Амирян Ш. О., 1974), где он встречается в ассоциации с арсенидами и сульфидами Fe, Ni, Co, а также буланжеритом, зелигманитом, бертьеритом, антимонитом. Идиоморфные выделения гудмундита установлены в приконтактных участках сульфoантимонитовых и антимонитовых жил и прожилков, а также в зонах прожилково-вкрапленной минерализации. Образование гудмундита скорее всего связано с привнесом сурьмы в полиметаллическую и особенно антимонитовую стадии минерализации. Представлен идиобластическими выделениями размером 0,01—0,3 мм, включенными в кварц и карбонат. Кроме идиоморфных включений образует зернистые агрегаты вокруг пирита, пирротина, арсенопирита и жильных минералов. Замещается сульфосолями сурьмы, свинца и мышьяка. Практического интереса в рудах Армянской ССР не представляет.

Пираргирит (?)— Ag_3SbS_3 . Сингония тригональная. Теоретический состав: Ag—59,76; Sb—22,48; S—17,76 (в %). Небольшие примеси—As, Fe, Co, Pb.

В рудах Азатекского месторождения установлен Э. А. Сагате-лян (1961). В просмотренных шлифах единичное зерно пираргирита отмечалось на границе зерен бурнонита и галенита. Полируется хорошо. Относительный рельеф ниже, чем у бурнонита и галенита. Цвет синевато-серый. Отражательная способность визуаль-но немного выше, чем у бурнонита. Двуотражение в воздухе слабое, усиливается в масле. Отчетливо анизотропный в сине-серых и темно-коричневых тонах при диагональном положении зерен. Внут-

ренные рефлексy в воздухе наблюдаются даже без скрещенных николей: в масляной иммерсии темно-красные рефлексy проявляются повсеместно.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Блеклые руды (теннантит и тетраэдрит)— $A_{12}X_4S_{13}$, где А в основном Cu, меньше—Ag, Zn, Fe, Hg; X—As, Sb, реже—Bi. Формулы разновидностей: теннантита— $Cu_{12}As_4S_{13}$, тетраэдрита— $Cu_{12}Sb_4S_{13}$, промежуточного члена— $Cu_{12}(Sb, As)_4S_{13}$. Теоретический состав: теннантит—Cu—51,57; As—20,26; S—28,17 (в %); тетраэдрит—Cu—45,77; Sb—29,22; S—25,01 (в %). Примеси: Se (до 0,13 %), Te (до 0,17 %), Sn (до 3,21 %), Ge (до 0,14 %), а также Cd, Ga и In. Кубическая сингония; a_0 колеблется в зависимости от состава: увеличивается от теннантита— $a_0=10,21 \text{ \AA}$ к тетраэдриту $a_0=10,34 \text{ \AA}$ (Минералы, т. 1, 1960).

Структура блеклой руды сходна с таковой сфалерита; ячейка этого минерала состоит из восьми ячеек типа сфалерита. Половина атомов меди в решетке блеклой руды обладает четверной, а другая половина—тройной координацией. Формы кристаллов природных образцов чаще всего тетраэдрического облика, сравнительно редки октаэдрические и кубические кристаллы. Хрупкий с раковистым изломом. Макроскопически цвет стально-серый с металлическим блеском; цвет тетраэдрита темно-серый, а у теннантита появляется нежный зеленоватый оттенок.

В рудных месторождениях Армянской ССР блеклая руда является довольно широко распространенным минералом. В том или ином количестве установлена в следующих рудных формациях: медно-молибденовой, серноколчеданной, медноколчеданной, колчеданно-полиметаллической, полиметаллической, медно-мышьяковой (теннантит-энаргитовой). В медно-молибденовых рудах Каджарана, Агарака, Джиндары, Айгедзора, Дастакерта и Анкавана редкие примеси блеклой руды (главным образом в виде микровключений) отмечены в кварц-пиритовой, пирит-халькопиритовой, пирит-халькопирит-молибденитовой парагенетических ассоциациях (И. Г. Магакян, 1954; Г. О. Пиджян, 1975). Количество этого минерала заметно возрастает в полиметаллической (А. С. Фарамазян, 1974) и в особенности теннантит-энаргитовой стадиях минерализации. Последняя наиболее интенсивно развита в Анкаванском месторождении и представляет ассоциацию энаргита, теннантита, халькопирита, борнита, реньерита и большого количества теллуридов Pb, Ag, Au, Bi (А. И. Карапетян, 1961; Г. О. Пиджян, 1975). Блеклая руда является главным рудообразующим минералом медно-мышьяковой (теннантит-энаргитовой) формации, которая имеет ограниченное распространение в нескольких пунктах—Мец-дзор, Аравус и др. Этот тип оруденения в обоих случаях сопровождается интенсивной турмалинизацией боковых

пород. Здесь блеклая руда тесно ассоциирует с пиритом, энаргитом, в подчиненных количествах и редко встречаются также халькопирит, галенит, сфалерит и реже станнин (И. Г. Магакьян, 1944, 1954). К этой формации достаточно близки и медно-мышьяковые руды рудника 5—6 Кафанского месторождения, где халцедоноподобный мелкозернистый кварц сопровождается пиритом, халькопиритом, борнитом, халькозином, энаргитом и алтаитом. В Зодском золоторудном месторождении рассматриваемый минерал присутствует часто в кварц-карбонат-полисульфидной и реже пирит-арсенопиритовой и антимонитовой стадиях минерализации (Ш. О. Амирян, 1974). Блеклая руда является редко встречающимся минералом серноколчеданных и медноколчеданных руд месторождений Алаверди, Шамлуг и Кафан (Э. А. Хачатурян, 1977).

Наибольшее развитие блеклой руды отмечается в двух формациях руд—колчеданно-полиметаллической и полиметаллической (табл. 48). В обоих случаях в ранних пиритовых, пирит-халькопиритовых ассоциациях количество блеклой руды обычно небольшое. Повышенные содержания минерала устанавливаются в рудах пирит-халькопиритовой стадии Гюмушханского и Каялинского месторождений (рис. 70).

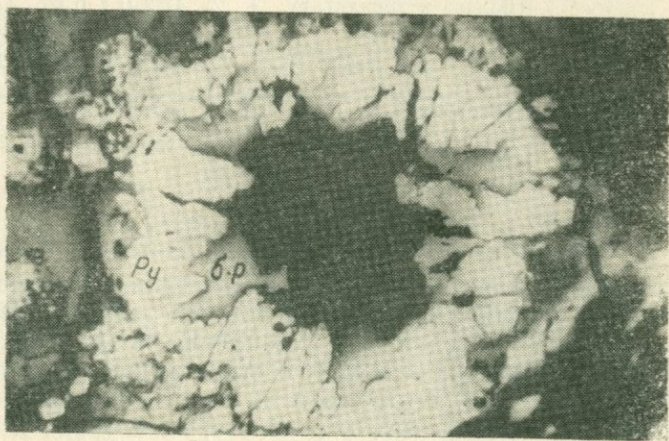


Рис. 70. Почковидный агрегат пирита (Py) замещается по трещинкам блеклой рудой (б. р.). Месторождение Каялу. Аншлиф, $\times 100$. По В. О. Пароникяну.

В колчеданно-полиметаллической формации блеклая руда является характерным компонентом руд в двух рудных районах—

Средние содержания элементов в блеклых рудах полиметаллических руд
(по В. О. Пароникяну)

Формация	Месторождение	Название блеклой руды и минеральная ассоциация	Кол-во проб	С о д е р ж а н и е		
				Fe	Mn	Mo
Колчеданно-полиметаллическая	Ахтала	Теннантит (Пол.)	8	10	0,015	0,0071
		Тот-же (Бо-Тн)	3	0,74	0,1	0,05
	Кафан	Теннантит (Хк-Бо)	1		0,003	—
		Тот-же (Эн-Тн)	2		0,0017	—
		Тот-же (Пол.)	2	3,0		
Полиметаллическая	Газма	Теннантит	1	6,5	0,02	—
		Промежуточная	6	3,9	0,05	0,0006
		Близка к тетраэдриту	1	4,5	0,08	—
		Тетраэдрит	8	1,4	0,08	0,00028
		И т о г о	16	2,7	0,07	0,0005
	Гюмушхана	Промежуточная	6	7,0	0,05	0,0004
		Близка к тетраэдриту	3	1,8	0,25	0,0002
		И т о г о	9	5,3	0,16	0,0003
	Каялу-Гегарчин	Теннантит	1	6,5	0,02	—
		Близка к теннантиту	2	3,0	0,02	0,00032
		Промежуточная	4	5,5	0,016	0,00015
		Близка к тетраэдриту	4	2,4	0,047	0,0001
		И т о г о	11	3,5	0,023	0,00013
	Азатек	Тетраэдрит	1	8,0	0,65	—
		Конц. тетраэдрита	8			—
	Личкваз-Тей	Теннантит	1	4,5	2,0	—
		Промежуточная	3	4,9	0,03	—
		Тетраэдрит	11	6,8	0,016	—
		И т о г о	15	6,3	1,02	—

Алавердском и Кафанском. Блеклая руда—главный рудообразующий минерал ограниченно-развитых барит-теннантитовых руд Ахтальского месторождения; эта ассоциация позднее полиметаллической (В. О. Пароникян, 1967), состоит из барита, сфалерита, галенита, блеклых руд, штрומейерита и др. минералов серебра.

Блеклая руда—типичный, а в некоторых случаях и главный рудообразующий минерал в полиметаллической формации Памбак-Зангезурской структурной зоны. Значительной концентрацией характеризуются руды Айюндзорского (Газма, Гюмушхана, Каялу) и, в особенности, Сисианского сегмента восточной части Зангезурского хребта (Барцраван, Марджан, Мазмазак). Блеклая руда—главный рудообразующий минерал для сульфоантимонитовых руд Азатекского месторождения.

Армянской ССР по данным приближенно-количественных спектральных анализов

элементов в %

Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Cd	Te	Sn	Ge	Ga
5,0	0,09	0,86	0,0014	>10	8,0	0,2	—	—	0,0028	0,0007
0,9	3,0	4,5	0,0003	>10	10,0	0,2	—	—	0,0033	—
0,0	0,01	0,24	0,0075	>10	>3,2	0,024	0,02	—	0,0032	0,0001
0,0	0,0066	0,49	0,0005	>10	1,48	0,0095	0,055	0,037	0,0018	0,00012
0,2	0,037	1,5	0,00065	>10	10,0	0,2	—	0,0042	—	0,00072
1,0	0,08	6,5	0,00045	>10	10,0	0,3	—	—	—	—
0,39	0,56	≥10	0,053	>10	10,0	0,2	—	0,0005	—	—
0,8	0,65	≥10	—	6,5	10,0	0,45	0,15	—	—	—
0,53	0,93	≥10	0,0034	3,6	10,0	0,32	0,02	0,0004	—	—
1,56	0,74	—	0,022	—	10,0	0,28	0,013	0,0004	—	—
7,2	1,4	>10	0,32	>10	10,0	0,6	0,055	0,0012	0,0013	0,0001
3,7	3,2	>10	0,34	—	10,0	0,7	0,01	0,0006	0,0002	—
6,1	2,0	—	0,33	—	10,0	0,64	0,04	0,001	0,0009	—
0,02	0,045	1,0	0,008	>10	6,5	0,045	—	—	—	—
0,8	0,1	8,0	0,01	>10	10,0	0,01	—	—	—	—
1,4	0,32	>10	0,015	>10	10,0	0,17	—	0,0002	0,0001	—
6,4	0,55	10	0,036	7,0	8,0	0,15	—	0,0002	—	—
2,9	0,34	—	0,022	—	9,0	0,12	—	—	—	—
0,04	10,0	>10	0,3	6,5	8,0	0,08	—	—	—	—
0,9	7,5	—	0,86	3,6	8,7	0,01	0,006	—	—	—
0,45	0,3	1,0	0,03	>10,0	10,0	0,045	—	—	—	—
0,38	2,21	>10	0,04	>10	10,0	0,56	—	—	—	—
2,3	1,5	>10	0,026	4,0	10,0	0,63	—	—	—	—
1,8	1,58	—	0,029	—	10,0	0,58	—	—	—	—

В рудных месторождениях Армянской ССР блеклая руда представлена в основном зернистыми массами, ксеноморфными по отношению к кварцу, пириту, сфалериту и халькопириту. Кристаллы отмечаются редко. Теннантит из медно-мышьяковых руд Мецдзора, по И. Г. Магакяну, обладает тетраэдрическим обликом кристаллов с сильно развитыми гранями тетраэдра (111), преобладающим развитием тригонтриоктаэдра (112) и подчиненной ролью ромбодекаэдра (110). Тетраэдрические кристаллы блеклой руды Газминского месторождения отличаются развитием граней (111), (411) и (211), а Каялинского месторождения граней (111), (100) и (211). По А. С. Фарамазю (1974), кристаллы блеклой руды из Каджаранского месторождения имеют тетрагонритетраэдрический облик (рис. 71).

В рудах Айондзора характерны новообразования тонкозернистого пирита и марказита при замещении халькопирита блеклой рудой. Блеклая руда образуется отчетливо позднее пирита, арсенопирита и сфалерита (рис. 72), одновременно или после халькопирита и немного раньше галенита, сульфoантимонитов и сульфoвисмутитов.

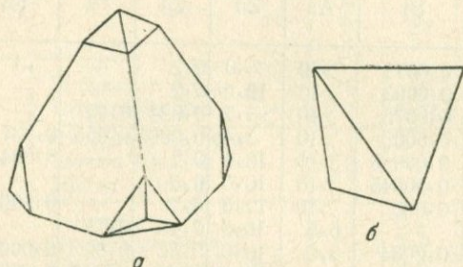


Рис. 71. Кристаллы тетраэдрита из Каджаранского месторождения. а) по А. С. Фарамазяну; б) по К. А. Карамяну.

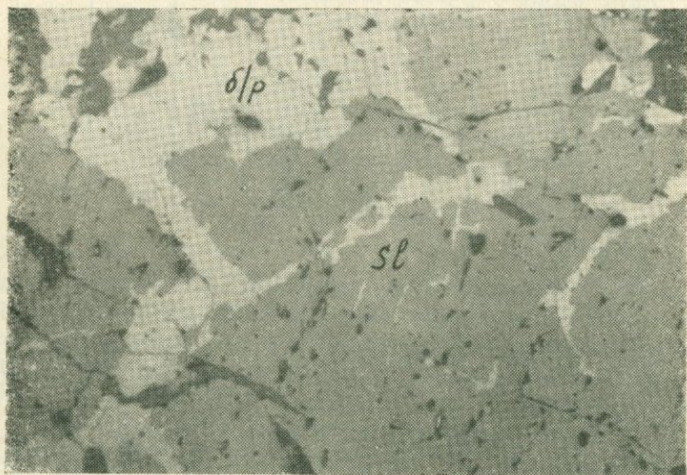


Рис. 72. Блеклая руда (б. р.) отлагается позднее сфалерита, замешая последний. Месторождение Азатек. Аншлиф, х42. По Ш. О. Амиряну.

Цвет блеклой руды в отраженном свете серовато-белый с зеленоватым (для теннантита) и оливково-коричневым (для тетраэдрита) оттенками. Внутренняя структура протравленных агрегатов

чаще всего аллотриоморфнозернистая, реже—зональная. Отражательная способность, измеренная на фотоумножителе с оранжевым светофильтром, варьирует в пределах 27,6—32,1%, в среднем составляет 30,3%; для отдельных разновидностей получены следующие значения: теннантит Ахталы—29,7% (6 измерений), тетраэдрит Газмы—32,1% (1 измерение), промежуточная блеклая руда Гюмушханы—31% (1 измерение). Визуально R минерала заметно ниже, чем у галенита, немного ниже, чем у бурнонита. Отражательная способность рассматриваемого минерала значительно возрастает от красной части спектра ($R=24,3\%$) к фиолетовой (32,7%).

Блеклая руда полируется обычно хорошо. Относительный рельеф заметно выше, чем у галенита, немного выше, чем у халькопирита, но значительно ниже, чем у пирита. Микротвердость блеклой руды измерялась на образцах, состав которых заведомо был определен рентгеноструктурным анализом. Как видно из таблицы, микротвердость варьирует в широких пределах—306—488 кгс/мм². Средние значения микротвердости составляют: теннантит—411 кгс/мм²; промежуточная—387 кгс/мм² и тетраэдрит—345 кгс/мм² (табл. 49).

Изменчивый состав блеклой руды, как это следует из нижеизложенного изложения, включает важную информацию о формационной его принадлежности и в то же время может служить хорошим геологическим термометром. Наибольшую информацию относительно состава блеклой руды мы располагаем по двум формациям—колчеданной и полиметаллической. Как видно из результатов химических (табл. 50, 51) и спектральных анализов, почти все блеклые руды колчеданной и полиметаллической формаций принадлежат к цинковой разновидности—зандбергиту с содержанием $Zn=5,7-10,6\%$. Зандбергит установлен также в медно-мышьяковых рудах Мец-дзора (И. Г. Магакян, 1964) и в полиметаллических рудах Каджарана (А. С. Фарамазян, 1974). Богатые железом разновидности блеклой руды встречаются сравнительно редко, но почти во всех месторождениях, содержание Fe 4—10%. По данным спектральных анализов, содержание железа в целом возрастает от тетраэдрита к теннантиту, между тем как в этом же направлении заметно падают концентрации серебра, кадмия и висмута. Блеклые руды рассматриваемых формаций в целом не богаты серебром (до 2—3%), только лишь в тетраэдрите Азатекского месторождения отмечаются повышенные (5—10%) содержания этого элемента. Содержание серебра в блеклых рудах отчетливо возрастает от ранних к поздним его генерациям. Блеклая руда является также концентратором висмута, золота, кадмия, в ряде случаев—германия, индия и ртути. Содержание ртути

Таблица 49

Микротвердость блеклых руд полиметаллических месторождений Армянской
ССР (по В. О. Пароникяну)*

Наименование	Месторождение	№№ образцов	$a_0, \text{Å}$	Кол-во измере- ний	$H_{\min}$ кгс/мм ²	$H_{\max}$ кгс/мм ²	$H_{\text{ср}}$ кгс/мм ²	ε	V, %
Теннантит	Алаверди	787	10,222	19	314	480	411	39	9,4
	Кафан	1186	10,207	16	382	488	424	42	9,9
	Каялу	999	10,270	10	354	467	404	36	8,9
		875	10,294	9	382	449	406	29	7,1
	Итого			54	314	488	411	38	9,2
Промежуточная	Каялу	1082	10,316	2	344	357	356		
	Газма	1117	10,358	10	329	488	393	24	6,1
	Гюмушхана	1285	10,303	8	337	412	393	24	6,1
		1084	10,355	13	330	467	388	36	9,2
	Итого			33	329	488	387	40	10,2
Тетраэдрит	Газма	1132	10,371	4	306	368	328		
	Азатек	946	10,382	13	317	397	350	40	11,4
	Итого			17	306	397	345	41	11,9

* Измерение произведено на микротвердометре ПМТ—3.

Месторождение	N ₂ N ₂ проб	a ₀ , Å	Cu	Fe	Zn	Cd
Ахтала	668а хх хх	10,222	40,51 52,79	4,74 — 1,60	7,78	(0,2)*
Кафан	3/1186 1124 ¹ 1117 1121 1122 1622 1700 1289	10,207 10,339 10,358 10,342 10,369	3,15 6,38 30,83 30,83	3,15 6,38 3,67 6,21 3,42	10,6 10,0* 8,30 9,34 (10,0)*	(0,2)* (0,2)* (0,2)* (0,3)* (0,45)*
Гюмушхана	1596 946 875 1275 993 992	10,347 10,355 10,382 10,308 10,318 10,320	3,3 2,46 36,66 30,0	3,0 8,99 1,36 4,37 1,95 1,95	7,03 6,63 8,25 8,25 7,81 6,0	0,07 (1,0)* (0,65)* 0,21 (0,08)* (0,1)* (0,3)* (0,02)*
Личквас-Тей	1/3070 1/3095 4/3107	10,339 10,317 10,354	33,18 34,65 34,60	2,5 2,86 1,7	5,67 5,75	(0,65)* (0,8)* (0,65)*
Каджаран Мец-дзор**		10,355	37,73 41,94	0,78 0,52	6,33 4,39	0,2

* () — результаты спектральных анализов.

** Теннантит-энаргитовая (медно-мышьяковая) ассоциация.

в блеклых рудах Армянской ССР в целом низкое, лишь в тетраэдрите Азатека установлено 100 г/т Hg и одновременно повышенное содержание висмута (0,3—0,86%). По данным рентгеноструктурных исследований лишь теннантит Тей-Личквасского месторождения относится к Hg-содержащей разности—швациту (табл. 52).

Почти во всех блеклых рудах полиметаллической формации устанавливаются (24—17 г/т) содержания золота (табл. 53); тем самым присутствие этого минерала в рудах наряду с арсенопиритом и сульфовисмутитами Cu и Pb является хорошим индикатором на золотоносность руд (рис. 73). Кадмий в блеклой руде присутствует в содержаниях (0,04—0,7%), близких к сфалериту, а блеклые руды колчеданной формации близки к сфалериту и по содержанию германия (13—32 г/т). Анализ материала показывает, что блеклые руды колчеданной формации богаты Fe, Mn, Ge, Ga, иногда Se и Te, а полиметаллической—Ag, Au, Bi, In.

Ag	Sb	As	S	H.O	Sb:As	А в т о р
(0,08)*	1,94	9,0			0,21	Пароникян В. О.
	1,12	16,15	26,03		0,07	Хачатурян Э. А.
	—	20,13	19,17		<0,05	— " —
(0,045)*	8,5	17,25			0,49	Пароникян В. О.
(0,2)*	19,8	3,0			6,6	— " —
(0,65)*	20,55	8,25	23,92		2,5	— " —
(0,65)*	22,36	3,0	25,48		7,4	— " —
(1,0)*	25,2	5,25			4,8	— " —
	11,18	8,53	28,1	1,87	1,31	Хачатрян Н. С.
	1,98	20,36	29,15	0,61	0,1	— " —
(1,5)*	13,5	6,0			2,25	Пароникян В. О.
(1,0)*	11,08	9,0			1,22	— " —
	25,87	2,03	25,21		12,74	Хачатрян Н. С.
5,1	19,81	1,5	25,21		13,1	Пароникян В. О.
(0,2)*	16,43	6,05			2,7	— " —
(1,0)*	24,46	4,0			6,1	— " —
(0,3)*	17,18	1,8			9,54	— " —
	18,54	3,32			5,58	— " —
(0,65)*	23,75	5,25	25,67		4,5	— " —
(2,0)*	21,70	4,5	25,19		4,8	— " —
(2,0)*	17,65	8,25			2,13	— " —
0,1	23,90	2,11	22,28	6,32	11,32	Фарамазян А. С.
не обн.	1,33	21,9	27,9	2,28	0,06	Магакьян И. Г.

Важная генетическая информация заключена в распределении главных разновидностей блеклых руд. Для этой цели использованы данные химических, спектральных и рентгеновских (табл. 50, 51) анализов. В рудах медноколчеданной и колчеданно-полиметаллической формаций Алаверди-Кафанской зоны блеклая руда представлена исключительно мышьяковистой разновидностью—теннантитом.

На примере Айюцзорского рудного района устанавливается, что распределение разновидностей блеклых руд в пространстве подчинено температурным условиям рудообразования. Так, например, в низкотемпературных сульфoантимонитовых рудах Левобережного участка Азатекского рудного поля блеклая руда представлена исключительно сурьмяной разновидностью—тетраэдри-том, между тем как в более высокотемпературных полиметаллических рудах Каялу-Гегарчинских участков, по данным рентгено-структурного анализа 9 образцов, 5 представлены теннантитом, а остальные—промежуточного состава. В Газминском месторождении теннантит установлен лишь в рудах самого нижнего горизонта, а в верхних горизонтах встречаются блеклые руды проме-

Таблица 51

Химические анализы тетраэдритов различных месторождений Зангезура (в %)

Месторождение	Cu	Fe	As	Bi	Zn	Sb	S	Se	Te	Сумма	Автор
Каджаран	35,59	4,52	2,23	0,0015	7,60	24,61	25,45	0,0005	0,0003	99,3923	Карамян К. А.
Каджаран	37,73	0,78	2,11	—	6,33	23,90	28,28	—	—	99,13	Фарамазян А. С.
Дастакерт	34,73	3,60	2,44	—	6,55	22,63	31,37	—	—	101,33	Карамян К. А.
Личкваз	37,40	3,05	1,20	—	7,60	26,00	24,14	—	—	99,38	Карамян К. А.

Межплоскостные расстояния швацита из Тей-Личкваского месторождения*

№ № линий п/п	l	$\frac{dx}{n}$	№ № линий п п	l	$\frac{dx}{n}$
1	4	3,61	16	3	1,623
2	2	3,30	17	8	1,552
3	10	2,954	18	2	1,519
4	3	2,734	19	2	1,483
5	6	2,564	20	4	1,451
6	4—5	2,425	21	2	1,400
7	2	2,301	22	1	1,377
8	2	2,241	23	3	1,307
9	3	2,094	24	3—4	1,288
10	5	2,014	25	4	1,266
11	4	1,871	26	5	1,231
12	10	1,818	27	5	1,196
13	3	1,760	28	6	1,182
14	2	1,715	29	4	1,112
15	6	1,667	30	4	1,085

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,5 эксп. 6 ч.

жуточного состава и тетраэдрит. Для Айюндзорского рудного района по частоте встречаемости разновидностей блеклой руды, установленной рентгеноструктурным анализом, можно наметить следующий ряд месторождений, по которому падает температура рудообразовательных процессов: Каялу-Гегарчин, Гюмушхана, Газма, Азатек. Этот ряд подтверждается и спектральными анализами (табл. 54).

Вышеизложенный аналитический материал по распределению главных разновидностей блеклых руд подтверждает сделанный ранее вывод (В. О. Пароникян, 1964, 1977), который можно сформулировать так: в рудах колчеданной формации Алаверди-Кафанской зоны с базальтоидным источником оруденения блеклая руда представлена лишь мышьяковистой разновидностью (теннантитом); в полиметаллической формации Памбак-Зангезурского гранитного пояса встречаются равным образом три разновидности блеклой руды, причем от более высокотемпературных руд к низкотемпературным, от нижних горизонтов рудных тел к верхним происходит смена мышьяковистой разновидности сурьмянистой.

По колчеданной и полиметаллической формациям мы располагаем результатами рентгеноструктурного анализа 39 образцов

Средние содержания элементов-примесей в блеклых рудах полиметаллических
руд Армянской ССР* (по В. О. Пароникяну)

Месторождение	Ассоциация	Содержания элементов в г/т											
		Au		Ag		Se		Te		Bi		Ge	
		п	X	п	X	п	X	п	X	п	X	п	X
Ахтала	Полиметаллическая	1	2,0	3	725,0	1	60,0	1	50,0			2	30,5
Шаумян-Халадж	Борнит-теннантитовая	1	15,0	1	675,0	1	330,0	2	70,0			2	48,0
Газма	Полиметаллическая	1	сл.	1	604,0	1	не обн.	1	15,0	1	15,0	1	11,0
Каялу	— " —	2	4,0	7	2235,4	4	26,0	4	45,0	2	48,0	1	1,6
Гюмушхана	— " —	3	22,8	3	2026,0	4	17,0	4	51,0	5	200,0	2	2,7
	— " —	6	12,0	6	4884	1	30,0	1	30,0	1	1000,0		

* Содержания Au и Ag в пробах определено пробирными, а Se, Te, Bi, Ge—химическими анализами в лабораториях ЦНИГРИ (Москва), ИГН АН АрмССР и Института «Арминпроцветмет» (Ереван).

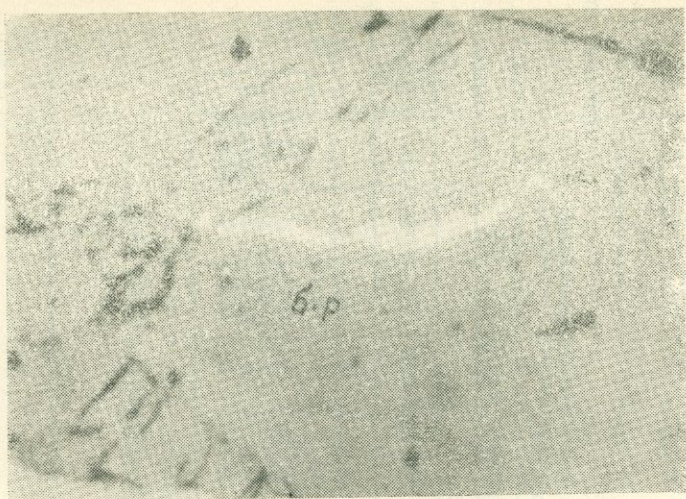


Рис. 73. По трещинке в блеклой руде (б.р.) прожилок самородного золота. Месторождение Личквас. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

Таблица 54

Частота встречаемости разновидностей блеклой руды по данным приближенно-количественных спектральных анализов (%)

Месторождение	Кол-во анализов	Теннантит	Промежуточная	Тетраэдрит
Каялу	16	28	36	36
Гюмушхана	11		67	33
Газма	9	6	38	56
Азатек	6			100

блеклых руд (табл. 55). Статистический анализ позволяет определить следующие границы параметра элементарной ячейки (a_0), которые являются областями существования разновидностей блеклых руд: теннантит— $10,21-10,23 \text{ \AA}$; тетраэдрит— $a_0 > 10,34 \text{ \AA}$, промежуточная блеклая руда— $10,30-10,34 \text{ \AA}$. Наибольшее значение a_0 показывает тетраэдрит из Личквас-Тейского месторождения ($10,39 \text{ \AA}$). Приведенные параметры элементарной ячейки блеклой руды функционально связаны с его химическим составом. Общая формула блеклой руды имеет вид: $(R'R'')_{12}R_4'''S_{13}$, где катионная часть представлена в основном Cu^{1+} ($0,96 \text{ \AA}$)* и Cu^{2+}

* Ионные радиусы по В. М. Гольдшмидту.

Параметры элементарной ячейки блеклых руд полиметаллических месторождений Армянской ССР (по В. О. Пароникяну)

Месторождение	Название	№ № проб	$a_0 \pm 0,001 -$ $0,004 \text{ \AA}$
Алаверди Ахтала	Теннантит	787*	10,222
	Тот же	624	10,208
	Тот же	668	10,228
Кафан	Тот же	3/1186	10,207
	Тот же	1107	10,223
	Тот же	1108	10,230
	Тот же	1131***	10,215
	Тот же	1124*	10,339
Газма	Промежуточная	1121***	10,342
	Близка к тетраэдриту	1117*	10,358
	Тетраэдрит	1122*	10,369
	Тот же	1132	10,371
	Промежуточная	1285*	10,303
	Та же	1294*	10,304
	Та же	1093*	10,323
	Близка к тетраэдриту	1289***	10,347
Гюмушхана	Та же	1084*	10,355
	Теннантит	к/22*	10,210
	Тот же	1279*	10,222
	Тот же	999***	10,270
	Тот же	875***	10,294
	Тот же	1277***	10,298
	Промежуточная	1275*	10,308
	Та же	1082*	10,316
	Та же	993*	10,318
	Та же	992*	10,320
Азатек	Тетраэдрит	946*	10,382
	Промежуточная	1/3095*	10,317
	Та же	1/3070*	10,339
Личквас-Тей	Близка к тетраэдриту	4/3107***	10,354
	Тетраэдрит	3070***	10,390
Барцраван	Теннантит	3/6081*	10,252
Мазмазак (Аравус)	Та же	6554**	10,250
	Промежуточная	6449**	10,359
Марджан (Аравус)	Тетраэдрит	6458**	10,374
	Тот же	1/6427**	
	Тот же	6438**	
	Близка к тетраэдриту	6445**	
	Тот же	6438**	

* Анализ выполнен в ИГН АН АрмССР на дифрактометре УРС—50 ИМ; Cu-Ni; скорость $1^\circ/\text{мин}$. Эталон—Si; Аналитик Н. В. Ревазова.

** Анализ выполнен в ИГН на установке ДРОН-2; $\text{Co}\alpha_3$ —излучение, при скорости сканирования 1° в мин. с внутренним стандартом—Si; Аналитик Н. В. Ревазова.

*** Анализ выполнен в Институте геохимии и физики минералов АН УССР; Fe—излучение; трубка БСВ-2. режим трубки—4 кВ, 10 мА.

(0,82 Å) с соотношением $\text{Cu}^{1+} : \text{Cu}^{2+} = 10 : 2$ (Н. В. Белов, 1952). Анионная часть по Н. В. Белову имеет вид комплекса $(\text{AsS}_3)^{3-}$ и $(\text{SbS}_3)^{3-}$ т. е. амфотерные мышьяк и сурьма представлены в трехвалентном состоянии As^{3+} (0,69 Å), Sb^{3+} (0,90 Å). Двухвалентная медь может замещаться Fe^{2+} (0,83 Å), Zn^{2+} (0,83 Å) и Cd^{2+} (1,03 Å), а одновалентная медь — Ag^{1+} (1,13 Å). В анионной части имеет место неограниченный изоморфизм между Sb^{3+} и As^{3+} ; в ограниченных количествах Sb^{3+} может замещаться Bi^{3+} (1,16 Å). Из приведенных данных следует, что при замещении Zn^{2+} , $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ нельзя ожидать сколько-нибудь заметных изменений в размере решетки, между тем как ощутимое возрастание величины a_0 должно происходить (имея в виду как ионные, так и орбитальные и ионно-ковалентные радиусы) при замещении $\text{Ag}^{1+} \rightarrow \text{Cu}^{1+}$, $\text{Cd}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{2+}$, $\text{Sb}^{3+} \rightarrow \text{As}^{3+}$ и $\text{Bi}^{3+} \rightarrow \text{Sb}^{3+}$, что подтверждается корреляционным анализом (табл. 56). Указанные замещения, как мы заметили выше, имеют место при переходе от теннантита к тетраэдриту, при котором происходит одновременное замещение $\text{Sb}^{3+} \rightarrow \text{As}^{3+}$, $\text{Ag}^{1+} \rightarrow \text{Cu}^{1+}$, $\text{Cd}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+}$ и $\text{Bi}^{3+} \rightarrow \text{Sb}^{3+}$, т. е. в данном случае возрастание величины a_0 является суммарным результатом этих замещений.

Таблица 56

Значения коэффициента корреляции между содержанием элементов и размером параметров элементарной ячейки (a_0) в блеклой руде

Элемент	Кол-во анализов	Коэффициент корреляции (r_z, a_0)	Вид анализа
Fe	16	+0,29	Химический
Fe	26	-0,20	Спектральный
Zn	12	-0,40	Химический
Ag	27	+0,23	Спектральный
Cd	26	+0,43	Спектральный
Sb : As	16	+0,43	Химический

Блеклые руды в рудных формациях Армянской ССР не представляют самостоятельного интереса, однако они являются одним из источников получаемого из этих руд серебра и частым спутником золота.

Колусит (?) — $\text{Cu}_3(\text{As, Sn, V, Fe, Te})\text{S}_4$. Кубическая сингония. Цвет бронзовый. Твердость 3—4, уд. вес 4,43. Металлический блеск.

В отраженном свете характеризуется розово-серым, розово-коричневым цветом; бурнонит и тетраэдрит рядом с колуситом

голубоватые и несколько темнее. Интенсивность отражения как у тетраэдрита, чуть выше. Для желтых лучей коэффициент отражения составляет 35%, а для красных—40-43%, чем и объясняется розовый цвет минерала. Изотропный. Твердость близка к твердости халькопирита, явно ниже бравойта. Микротвердость составляет 180—205 кгс/мм². Полируется хорошо, но остается исштрихованным.

Локальным спектральным анализом в минерале определены Sn, Cu, Fe, Te, V, As, (основа), Sb, Mg, Mn, S: (следы).

Полуколичественными спектральными анализами в колусит-содержащих рудах определены целые проценты Cu, Te, Au, Ag, Pb, Fe, As, десятые доли % Sn, и V.

Колусит установлен в смешанных золото-теллурических и золото-полиметаллических рудах Зодского месторождения (Амнрян Ш. О., 1974). Он находится в ассоциации мелонита, теллури-висмутита, алтанта, халькопирита, пирротина, бравойта, арсенопирита, станнина, марказита, тетраэдрита. Наиболее тесные сростки образует с тетраэдритом и халькопиритом. Совместно с тетраэдритом замещает халькопирит.

Ассоциация минералов, структурно-текстурные особенности участвующих в ней минералов указывают на их образование в условиях наложения и взаимодействия разновременных и различного характера растворов и их продуктов. Нахождение в этой ассоциации теллуридов, сульфидов и станнина подтверждает возможность образования колусита.

Практического интереса в рудах Армянской ССР не представляет.

Германит— $\text{Cu}_3(\text{Fe}, \text{Ge})\text{S}_4$ или $\text{Cu}(\text{Fe}, \text{Ge}, \text{Zn}, \text{Ga})(\text{S}, \text{As})_4$.

Очень редкий минерал, известный главным образом из руд месторождения Тсумеб (ЮЗ Африка); в последнее время установлен в небольших количествах в рудах ряда колчеданных (Кафан, Ахтала) и медно-молибденовых (Дастакерт, Анкаван) месторождений Армянской ССР. По данным химических анализов, содержание Ge в минерале колеблется от 8,70 до 10,96%, Fe от 4,56 до 8,39%, Ga от 0,76 до 1,99%.

Германит считался минералом кубической сингонии, но работами Levi и Prouvost (1957) была установлена его тетрагональная сингония и сходство со структурой халькопирита и станнина.

Германит или его разновидности в виде акцессорного минерала был установлен и описан впервые для территории Армянской ССР в рудах Дастакертского (К. А. Карамян, 1958), Анкаванского (Г. О. Пиджян, 1960), Ахтальского и Кафанского (А. И. Карапетян, 1962, 1963) месторождений. Детальное изучение и сравнительная характеристика германита из этих месторождений

установили ряд индивидуальных особенностей германита из каждого месторождения, которые не позволяют считать их полными аналогами и поэтому целесообразно рассматривать их отдельно.

Германит из Дастакертского месторождения, согласно описанию К. А. Карамяна (1958), в отраженном свете имеет густо-розоватый цвет, R колеблется между энаргитом и борнитом (темнее энаргита и значительно светлее борнита). Изотропный.

По данным А. И. Карапетяна (1972), минерал характеризуется фиолетово-серым цветом, умеренной R ($\sim 28,5$, т. е. $>$ энаргита). По своим оптическим свойствам минерал приближается ко второй разновидности тсумевского германита (И. С. Волынский, Л. А. Логинова, 1961). Рентгеноспектральный анализ, выполненный на его выделениях, показал 1,7% Ge, что значительно меньше, чем в тсумевском германите (Sclar Ch. B., 1957). Но если учесть, что в разновидностях германита содержание Ge колеблется в значительных пределах, можно считать, что описанный минерал является своеобразной разновидностью германита.

Германит из Анкаванского месторождения, согласно описанию Г. О. Пиджяна, характеризуется оранжево-розовым цветом, иногда со слабым фиолетовым оттенком. Минерал, напоминающий разновидность тсумевского германита, встреченный в медно-мышьяковых рудах Анкавана, А. И. Карапетяном (1972), характеризуется розовато-серым цветом, с фиолетовым оттенком. Отличается от борнита отсутствием коричневого оттенка. Минерал похож на энаргит, но отличается более густой окраской. Цвет отдельных выделений неоднородный, в пределах даже одного и того же индивида переходит от бронзово-серого с розоватым оттенком до розовато-серого со слабым фиолетовым оттенком. Изменение цвета сопровождается изменением R, которая колеблется от 24 до 27,5%. Микротвердость составляет от 232 до 386 кгс/мм², что значительно больше, чем микротвердость борнита. Принадлежность минерала к группе германита, кроме описанных свойств, основана также на данных микрозондового анализа, согласно которым содержание Ge в минерале колеблется от 4,82 до 5,65%. Образует бесформенные, реже изометрические выделения размерами, не превышающими тысячные доли миллиметра. Характерны структуры замещения с теннантитом (рис. 74), халькопиритом, борнитом, реже энаргитом. В результате местами образуется халькопирит или тонкая реакционная каемка, представляющая собой исключительно тонкую смесь германита и халькопирита. По этой кайме германит постепенно переходит в халькопирит (рис. 75). Иногда германит образует изометрические выделения с контурами идиоморфных кристаллов в виде треугольников и квадратов.

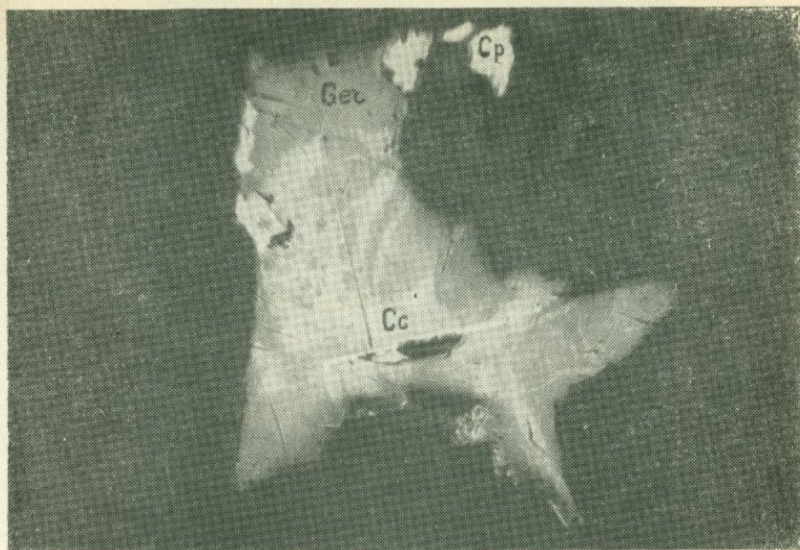


Рис. 74. Срастание германита (Ger) с халькозином (Cc) и халькопиритом (Cp).
Месторождение Анкаван. Аншлиф, х300, по Г. О. Пиджяну.



Рис. 75. Германит (Ger) образует постепенные переходы с халькопиритом (Cp).
Месторождение Анкаван. Аншлиф, х500 (иммерсия). по А. И. Карапетяну.

Германит из Ахтальского месторождения в виде округлых выделений размером в тысячные, реже сотые доли миллиметра—
 рассеян в борните (рис. 76), халькопирите, пирите, реньерите,

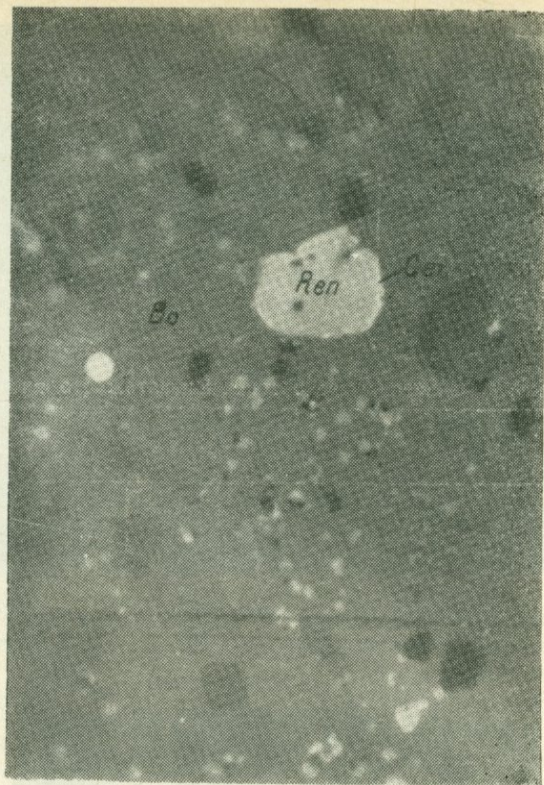


Рис. 76. Германит (Ger) образует тонкую вкрапленность в борните (Bo) и каемку вокруг реньерита (Ren). Месторождение Ахтала. Аншлиф, x500 (иммерсия). По А. И. Карапетяну.

блеклой руде, халькозине, штромейерите. Принадлежность минерала к группе германита основана на следующих данных: в отраженном свете темнее реньерита, но едва заметно светлее теннантита. По сравнению с реньеритом минерал лишен оранжевого цвета и в окраске его преобладает коричневато-фиолетовый оттенок, чем он отличается от блеклой руды. По сравнению с борнитом белесый. Изотропный. Результаты измерения R (табл. 57) показывают, что описываемый минерал по характеру дисперсии R идентичен второй разновидности тсумбского германита, отличаясь от него лишь несколько меньшими значениями R . Исходя из всего этого, можно считать, что рассматриваемый минерал является своеобразной разновидностью германита (рис. 77). Такое предположение обосновывается также следующими фактами:

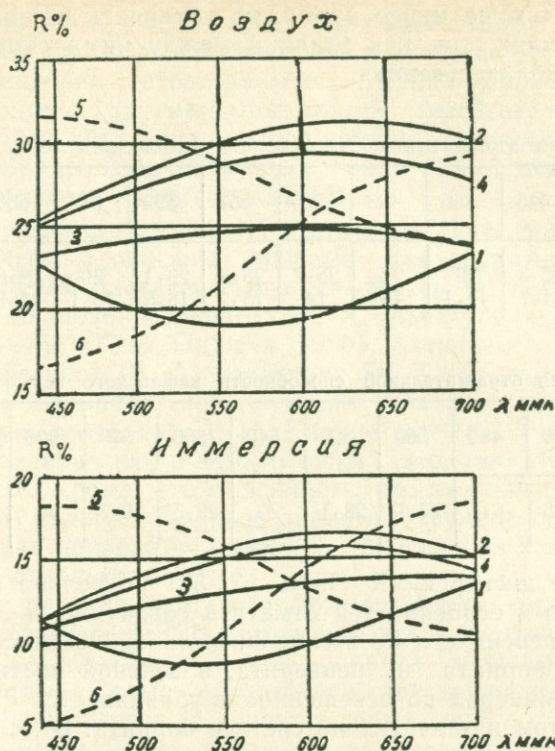


Рис. 77. Кривые дисперсии R ахталского германита (4) в сравнении с разновидностями германита (1—3), борнитом (6), теннантитом (5). По А. И. Карапетяну.

твердость и относительный рельеф минерала выше таковых реньерита и теннантита. Микротвердость—228 кгс/мм², что соответствует 4,3 по шкале Мооса. И, наконец, он часто находится в совместных зональных образованиях с реньеритом. Детальное микроскопическое изучение проанализированных борнитов показывает, что в тех случаях, когда в борните содержание Ge достигает тысячных и более долей процента, в полях его присутствуют мельчайшие включения германита или реньерита.

Германит из Кафанского месторождения в отраженном свете характеризуется светло-фиолетовым цветом со слабым розовато-желтым оттенком. По освещенности он уступает реньериту, но отчетливо светлее борнита. В белом свете $R \sim 29\%$. Разница между R германита и теннантита незначительная (германит едва замет-

но светлее), тем не менее их можно отличить на приведенных микрофотоснимках, так как разница между ними скорее качественная, чем количественная.

Таблица 57

Дисперсия отражательной способности ахталского германита

λ мкм	443	465	493	525	557	590	617	650	671	704
$R, \%$										
Воздух	25,3	26	27	28,1	28,8	29,1	29	28,6	27,7	26,6
Иммерсия	11,7	12,1	13	14	15,2	16,5	16,1	15,8	15,3	14,6

Таблица 58

Дисперсия отражательной способности кафанского германита

λ мкм	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660
$R, \%$	25,3	25,5	26,5	27,7	28,1	29	29,5	29,7	30	30	29,6	29

Измерение дисперсии R (табл. 57, 58) позволяет в качестве индивидуальных особенностей отметить совокупность трех точек на кривой дисперсии его R ; в сине-фиолетовой части спектра заметно светлее борнита и реньерита, в зеленой части спектра ($\lambda=560$ мкм) минерал по освещенности уравнивается с теннантитом и реньеритом и значительно светлее борнита. В длинноволновой части спектра ($\lambda=600$ мкм) германит отчетливо светлее теннантита, но темнее реньерита.

Изотропен, по твердости и относительному рельефу занимает промежуточное место между реньеритом и теннантитом. Микротвердость в среднем 228 кгс/мм^2 или 4,3 по шкале Мооса.

Сопоставление вышеизложенного с таковыми германита из месторождения Тсумб показывает, что минерал по R идентичен третьей разновидности тсумбского германита, а по характеру дисперсии и R , следовательно и по цвету, является промежуточным между второй и третьей разновидностями тсумбского германита. Эти данные, а также микронзондовый анализ позволили его считать своеобразной разновидностью германита. Описанный минерал установлен в реньерите в виде изометрических выделений, размерами, не превышающими сотые доли миллиметра. Нередко германит образует выделения с контурами идиоморфных кристаллов в виде квадратов со срезанными углами.

Германит в рудах Армянской ССР представляет минералогический интерес.

Реньерит—(Cu, Fe, Ge, Zn)S по П. Рамдору (1962), (Cu, Fe)₃(Fe, Ge)S₄ по О. М. Шубниковой и (Cu, Fe, Ge, Zn, As, Sn)S по Ваэсу. Сингония тетрагональная. Желая подчеркнуть близость реньерита с другими минералами гексатетраэдрического класса, Ламборт (1950) предложил другую формулу — (Cu, Fe)₃(Fe, Ge, Sn, Zn)(S, As)₄. Штрунц и Гейер (1958) считают, что в формулу реньерита входит также Ga.

Реньерит или его разновидности в виде акцессорного минерала установлены и описаны впервые для территории Армянской ССР в рудах Дастакертского Cu—Mo (К. А. Карамян, 1958), Кафанского медноколчеданного (Э. А. Хачатурян, 1958), Анкаванского Cu—Mo (Г. О. Пиджян, 1960), Ахталского колчеданно-полиметаллического (Э. А. Хачатурян, А. А. Коджоян, 1960) месторождений. Сравнительное изучение реньерита из отмеченных месторождений позволило А. И. Карапетяну (1972) выявить значительные различия как в их оптических свойствах, так и в химическом составе. Кроме того выяснилось, что ни один из описанных минералов не является полным аналогом тсумевского реньерита и поэтому ниже приводится описание минерала из каждого месторождения в отдельности.

Реньерит из Дастакертского месторождения, согласно описанию К. А. Карамяна (1959), характеризуется желтовато-коричневым цветом. Отличается от халькопирита меньшей R и более тусклым блеском. Сильно анизотропен, двуотражение отчетливое в желтовато-коричневых до синевато-серых тонах.

В медно-мышьяковых рудах Дастакертского месторождения А. И. Карапетяном были установлены (1972) изометрические выделения оранжево-коричневого минерала, размерами не более 15—20 мк. Отличаются они от описанного К. А. Карамяном (1959) реньерита слабыми эффектами двуотражения и анизотропии, R выше энаргита, но ниже халькопирита (~32%). Двуотражение очень слабое, оно заметно лишь только в иммерсии. Анизотропия отчетливая, но не сильная. Рельеф выше борнита, но ниже энаргита и блеклой руды. Рентгеноспектральный анализ показал почти вдвое меньше Ge, чем в тсумевском реньерите. Сопоставление минерала с тсумевским реньеритом показывает, что он по своему цвету является как бы промежуточным между реньеритом и борнитом. Таким образом, можно заключить, что минерал как по содержанию Ge, так и по цвету в отраженном свете является промежуточным между борнитом и реньеритом, что дает основание считать его своеобразной разновидностью реньерита.

Реньерит из Кафанского месторождения, согласно описанию Э. А. Хачатуряна (1958), характеризуется сильным двуотражением и анизотропией, цвет в отраженном свете оранжевый со слабым коричневатым оттенком, R порядка 30%.

Минерал, по своим оптическим свойствам имеющий сходство с тсумбским реньеритом, описан здесь А. И. Карапетяном (1961) в виде микроскопических включений в теннантите, реже борните, энаргите, сфалерите (рис. 78). Размеры отдельных выделений иногда достигают десятых долей миллиметра (рис. 79). Контуры выделений минерала в большинстве случаев оваловидные, нередко встречаются также включения с контурами идиоморфных кристаллов в виде треугольников со срезанными углами.

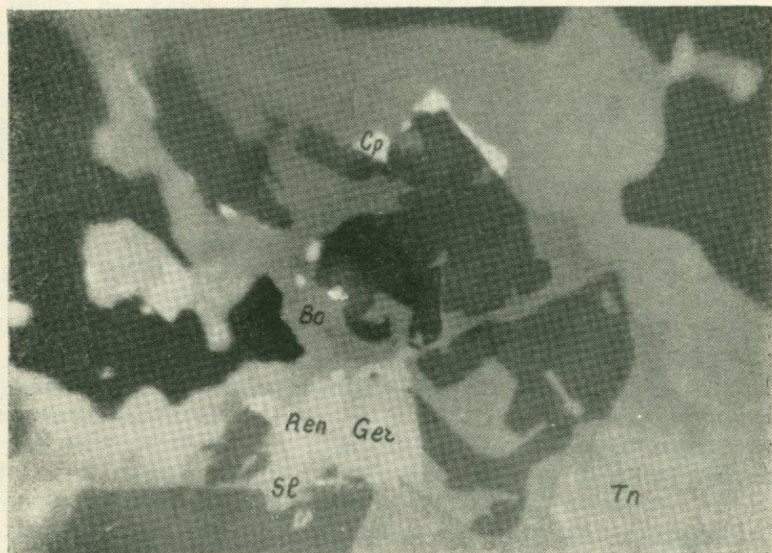


Рис. 78. Реньерит (Ren) в ассоциации с германитом (Ge), теннантитом (Tn), борнитом (Bo), халькопиритом (Cr) и сфалеритом (Sl). Месторождение Кафан. Аншлиф, x1000 (иммерсия). По А. И. Карапетяну.

В отраженном свете минерал светло-коричневый со слабым желтоватым или бронзовым оттенком, цвет промежуточный между борнитом и халькопиритом, R в белом свете 32,5%. Он светлее борнита, но значительно темнее халькопирита. Характер дисперсии R (табл. 59, рис. 80) свидетельствует о его коричневато-желтом цвете.

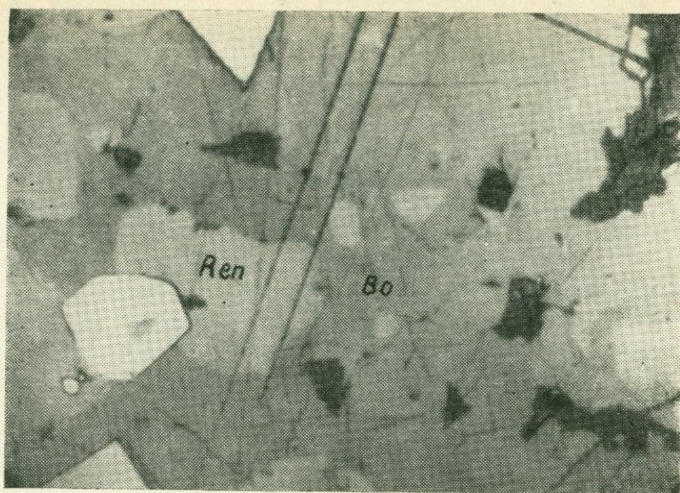


Рис. 79. Реньерит (Ren) и пирит (Py) в борните (Bo). Месторождение Кафан. Аншлиф, х440. По Э. А. Хачатуryan.

Двуотражение минерала слабое, оно отчетливо распознается только в иммерсии. Анизотропия слабая, на зернистых агрегатах отчетливая, но без цветного эффекта. Микротвердость 182 кгс/мм²

Таблица 59

Дисперсия отражательной способности реньерита

λ	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660
R, %	17,3	19,3	22,5	23,6	24,6	27	29	31,5	32,4	32,6	32,8	32,5

Рентгеноструктурный анализ минерала (табл. 60) показал идентичность его структуры таковой реньерита из Тсумбского месторождения.

Результаты микроскопического и рентгенометрического исследований подтверждаются спектральными анализами минералов-носителей реньерита (теннантит, борнит, сфалерит), которые показывают резко повышенные содержания Ge (0,03—0,1%) по сравнению с теми пробами этих минералов, в которых не были установлены включения реньерита.

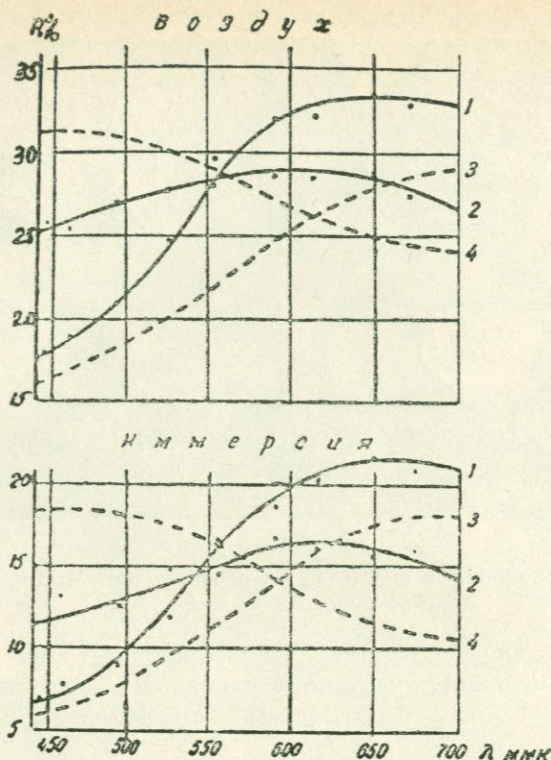


Рис. 80. Кривые дисперсии реньерита (1) и германита (2) из Ахталы в сравнении с эталонами—борнитом (3) и теннантитом (4). По А. И. Карапетяну.

Таблица 60

Межплоскостные расстояния и относительные интенсивности реньерита из Кафанского месторождения*

l	$d \text{ \AA}/n$	l	$d \text{ \AA}/n$
10	3,05	3	1,077
9	1,86	3	1,014
6	1,531	1	0,889
1	1,322	1	0,832
1	1,208		

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС-55, Cu-Ni-излучение, $D=57,3$; резиновый шарик, эксп. 8 ч.

И. С. Вольинский и Л. А. Логинова (1961) в рудах Кафанского месторождения в ассоциации с реньеритом отмечают и идаит— CuFeS_6 , который в отраженном свете приближается к реньериту, отличаясь от него сильно выраженным двуотражением и анизотропией.

Реньерит из Анкаванского месторождения, согласно описанию Г. О. Пиджяна (1960), характеризуется светло-оранжевым цветом, иногда с коричневатым оттенком, R близка к таковой теннантита. Минерал сильно анизотропный с цветным эффектом от оранжево-коричневого до голубовато-серого.

В медно-мышьяковых рудах Анкаванского месторождения в борните А. И. Карапетяном (1972) были встречены включения коричневатого-розового минерала с умеренной R и анизотропией. Сопоставление минерала с реньеритом из Тсумеба показало, что он имеет определенные индивидуальные особенности, выраженные, в частности, коричневатым цветом и более низкой R. Минерал имеет определенное сходство с энаргитом, от которого, однако, отличается более слабыми эффектами анизотропии.

Реньерит из Ахтальского месторождения представлен округленными выделениями, приуроченными к борниту, теннантиту, халькопириту, пириту, реже галениту, штрмейериту. Часто он образует совместные зональные образования с германитом и халькопиритом. Последний развивается в виде каемки вокруг реньерита только в борните и закономерно отсутствует в теннантите и других минералах (рис. 81). Нередко реньерит образует идиоморфные выделения с контурами идиоморфных кристаллов в виде треугольников или шестиугольников (рис. 82). Размер отдельных выделений колеблется в пределах от тысячных долей миллиметра до 0,1 мм. Полируется хорошо, микротвердость в среднем по нескольким измерениям составляет 182 кгс/мм², что соответствует 5 по шкале Мооса. Цвет минерала в отраженном свете промежуточный между борнитом и халькопиритом. По сравнению с халькопиритом он темнее, но хорошо отличается от борнита благодаря своему густооранжевому цвету. В качестве индивидуальной особенности реньерита из Ахталы следует отметить совокупность двух точек на кривой дисперсии его R: в синем свете ($\lambda=450$ мкм) по освещенности он уравнивается со сфалеритом и едва заметно светлее борнита, в длинноволновой части спектра ($\lambda=600-700$ мкм) реньерит отчетливо светлее, чем борнит и теннантит (табл. 61).

Анизотропия слабая, относительная сила двуотражения (ΔR отн.) достигает своего максимума (0,067%) в желтом свете. Рентгенограмма минерала (табл. 62) идентична таковой реньерита из месторождений Тсумеб и Принц-Леопольд.

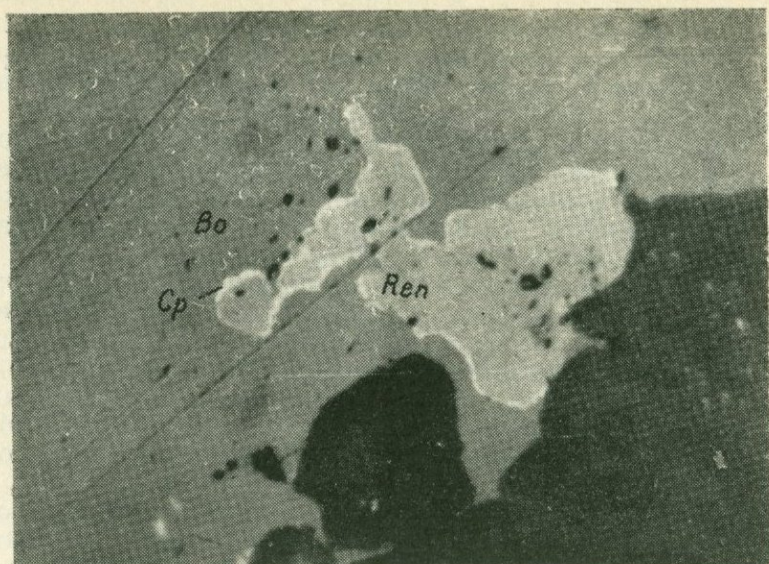


Рис. 81. Реньерит (Re) окаймляется халькопиритом (Ср), который отсутствует там, где реньерит контактирует с кварцем (q). Общее поле—борнит (Bo), Месторождение Ахтала. Аншлиф. х500 (иммерсия). По А. И. Карапетяну.

Таблица 61

Дисперсия отражательной способности реньерита из Ахтальского месторождения

	λ ммк	443	465	493	525	557	590	617	650	671	704
R, %	Воздух	18	19,1	21	24	26,6	32	32,4	33,8	33,5	33,1
	Иммерсия	6,5		9,6	11,8	16,1	18,2	20,3	21,7	21,3	20,9

Таблица 62

Межплоскостные расстояния реньерита из Ахтальского месторождения*

I	d α/n	I	d α/n
10	3.06	4	1.080
8	1.87	3	1.016
6	1.595	2	0.928
1	1.325	2	0.892
3	1.214	2	0.837

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС-55, Cu-Ni—излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 8 ч.

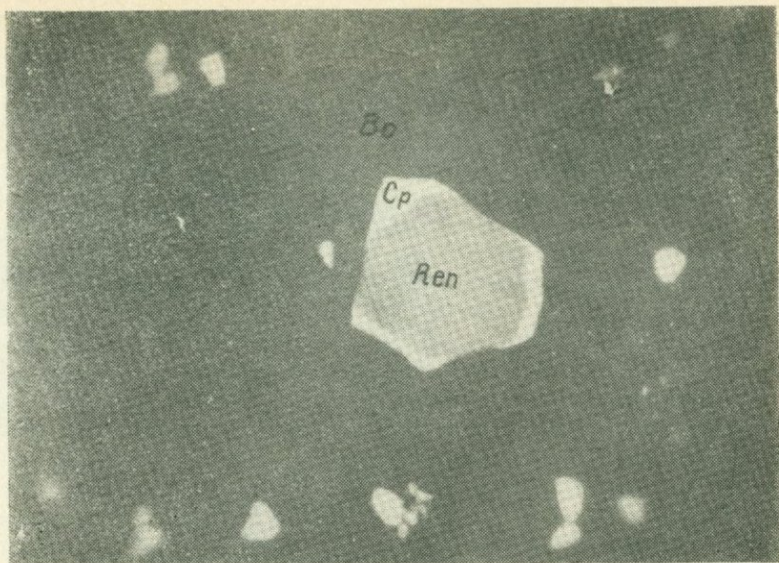


Рис. 82. Шестиугольник реньерита (Ren) окаймлен халькопиритом (Cr) в полях борнита (Bo). Месторождение Ахтала. Аншлиф, х500 (иммерсия). По А. И. Карапетяну.

Халькопирит— CuFeS_2 . Синоним: медный колчедан. Химический состав: Cu 34,57 %, Fe 30,54 %, S 34,89 %, частые примеси—Ag, Au, Te, Se.

Сингония тетрагональная; кристаллическая решетка сравнительно проста и близка к кубической сингонии. При высоких температурах халькопирит может включать FeS и другие компоненты и, как полагает П. Рамдор, в этих условиях минерал может быть кубическим.

В дальнейшем понижение температуры приводит к отделению этой примеси в виде продуктов распада и образованию кубанита, реже валлериита.

Кристаллы встречаются редко и обычно имеют тетраэдрический или октаэдрический облик (рис. 83). Характерны двойники по (111) и (100); в более высокотемпературных разностях под микроскопом фиксируется сложное полисинтетическое двойникование (рис. 84). Халькопирит обычно встречается в виде сплош-

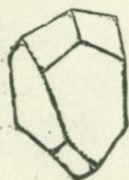


Рис. 83. Кристалл халькопирита. Месторождение Дастакерт. Зарисовка, х20. По К. А. Карамяну.



Рис. 84. Агрегат кристаллического халькопирита (протравлено конц. $\text{HNO}_3 + \text{KClO}_3$) с полисинтетическими двойниками в контакте с плохо отражающей смесью пирита + борнита + халькопирита. Месторождение Кафан. Анишлиф, х66. По И. Г. Магакьяну.

Цвет халькопирита латунно-желтый, часто с темно-желтой побежалостью. Блеск металлический. Твердость 3—4, хрупок. Спайность несовершенная по {201}. Уд. вес 4,1—4,3. Обладает слабой электропроводностью.

В полированном шлифе под микроскопом халькопирит светло-желтый, рядом с самородным золотом приобретает слабый зеленоватый оттенок. Отражательная способность $R=47\%$. Большинство образцов халькопирита слабо анизотропны и лишь небольшая часть проявляет заметную анизотропность. Эффекты анизотропии особенно различимы при интенсивном освещении, в иммерсии, при средних увеличениях. В диагональных положениях наблюдается просветление с цветным эффектом.

При диагностическом травлении от паров HNO_3 происходит частичное потемнение окраски минерала: $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ и $\text{KMnO}_4 + \text{KOH}$ быстро затравливают с образованием трудно уда-

ляемого налета. HCl , KCN , FeCl_3 , HgCl_2 , KOH , NaOH и др. — не действуют; $\text{KMnO}_4 + \text{KOH}$ и H_2O_2 (30 %) + NH_4OH выявляют структуру.

Халькопирит является одним из главных рудослагающих компонентов месторождений медноколчеданной, медно-молибденовой, колчеданно-полиметаллической формаций. В подчиненном количестве устанавливается в рудах золото-сульфидной и железорудной формаций.

На Шамлугском и Алавердском месторождениях в различных типах и подтипах руд содержание халькопирита резко колеблется в нескольких до 60—70%. Максимальное содержание минерала фиксируется в серно-медноколчеданных рудных телах, в которых он распространен более или менее равномерно. Согласно О. С. Степаняну и Н. Я. Монахову, в некоторых штоках Шамлугского месторождения (шток «Д» и др.) в вертикальном направлении наблюдается зональное распределение минерала. Как правило, количество халькопирита постепенно уменьшается от массивных к вкрапленным рудам.

Изучение руд месторождений Алавердской группы показывает, что халькопирит по своим соотношениям с другими сульфидами и жильными минералами относится по меньшей мере к трем различным генерациям. Халькопирит первой генерации в виде мелкозернистых агрегатов или колломорфных выделений в тесной ассоциации с ранним пиритом составляет основную часть серно-медноколчеданных руд. Халькопирит с пиритом образует коррозионную структуру замещения.

Мелкозернистые агрегаты халькопирита иногда пересечены тоненькими прожилками кварца с вкрапленностью халькопирита более поздней генерации.

Халькопирит второй генерации проявляется в тесном сростании с сфалеритом, галенитом, теннантитом и борнитом. Местами халькопирит образует мелкую эмульсионную вкрапленность в сфалерите.

Халькопирит самой поздней, третьей генерации в виде отдельных зерен или агрегатов встречается в карбонатных прожилках, которые заполняют трещины, секущие рудные тела и дайки диабазовых порфиров.

В халькопиритах медных и полиметаллических месторождений отмечается почти постоянное присутствие селена и теллура. Данные химических анализов приведены в табл. 63.

В рудах Кафанского месторождения количественные соотношения халькопирита с другими рудообразующими минералами резко различны; халькопирит встречается в виде массивных скоплений в тесной ассоциации с пиритом и кварцем. В ряде случаев

Содержание селена и теллура в халькопиритах (по Э. А. Хачатуряну)

№ № п/п	Месторождение	Кол-во анализов	Содержание селена в %			Содержание теллура в %		
			от	до	среднее	от	до	среднее
Медные руды								
1.	Чибухлы	2	0,0077	0,0115	0,0096	0,0011	0,0015	0,0013
2.	Алаверди	2	0,0020	0,0120	0,0070	0,0010	0,0017	0,0014
3.	Шамлуг	2	0,0028	0,0140	0,0084	0,0015	0,0020	0,0017
4.	Ахтала	2	0,0033	0,0086	0,0059	0,0013	0,0018	0,0016
5.	Кафан	6	0,0015	0,0200	0,0089	0,0005	0,0027	0,0016
Полиметаллические руды								
6.	Алаверди	2	0,0035	0,0042	0,0038	0,0018	0,0035	0,0026
7.	Шамлуг	3	0,0016	0,0100	0,0044	0,0008	0,0025	0,0018
8.	Ахтала	2	0,0020	0,0036	0,0028	0,0014	0,0024	0,0019
9.	Кафан	3	0,0005	0,0045	0,0025	0,0018	0,0046	0,0030
10.	Шаумян-Халадж	4	0,0040	0,0065	0,0038	0,0050	0,0130*	0,0085

* В халькопирите фиксируются микроскопические включения теллуридов.

массивный халькопирит составляет отдельные участки жильных тел. В других случаях халькопирит в подчиненном количестве присутствует в халькозин-борнитовых, теннантит-энаргитовых и полиметаллических рудах. Минерал является одним из главных компонентов прожилково-вкрапленных, штокверковых руд района рудника № 6.

На Кафанском месторождении халькопирит развит в двух разновидностях—колломорфной и зернистой, при постоянном преобладании последней. Колломорфный халькопирит установлен в жилах № 6—бис, № 9, № 29 и др.

По данным химических анализов, состав зернистого и колломорфного халькопиритов близок к теоретическому (табл. 64).

На рудном поле устанавливается несколько генераций халькопирита, которые различаются между собой своими минералогическими особенностями.

Наиболее ранняя генерация медного колчедана фиксируется в жилах и прожилках кварц-пиритовой стадии минерализации. Часто его зерна совместно с пиритом в виде рассеянных вкрап-

Химический состав зернистой и колломорфной разновидностей халькопирита

Элементы	Колломорфный халькопирит, рудник № 1—2	Зернистый халькопирит, рудник № 1—2	Колломорфный халькопирит, проба № 503	Зернистый халькопирит, проба № 470	Колломорфный халькопирит, рудник № 6	Колломорфный халькопирит, рудник № 5
Cu	26,72	32,26	29,03	34,39	28,17	33,22
Fe	31,18	31,48	34,15	30,09	33,15	29,37
S	37,84	35,04	36,40	35,18	35,63	33,80
Se	0,007	0,006	0,10	0,012	—	—
Te	0,005	0,0045	0,006	0,015	—	—
н/ост.	0,76	0,51	0,40	0,31	—	—
Сумма	96,512	99,30	99,996	99,997	96,95	96,39
Аналитик	Т. Т. Авакян		С. А. Тигранян			
Автор	Э. А. Хачатурян		Р. Н. Зарьян		В. Н. Котляр	А. Л. Додин

ленников отмечаются в кварце. В последовательности выделения халькопирит кристаллизовался после пирита.

Наиболее широким развитием пользуется медный колчедан в пирит-халькопиритовой стадии минералоотложения. Описываемый минерал тесно ассоциирует с пиритом, сфалеритом, галенитом, теннантитом, борнитом, халькозином и ковеллином. В рудах данной стадии устанавливаются две разновидности халькопирита: зернистая и колломорфная.

Халькопирит, с одной стороны, цементирует ранее выделившиеся зерна пирита или же развивается в нем по трещинам, образуя структуру замещения (рис. 85), а с другой стороны—вместе с одновременно выделившимся колломорфным пиритом образует тесные срастания с характерной метаколлоидной структурой.

Относительно более поздние генерации медного колчедана приурочены к рудам халькозин-борнитовой, теннантит-энаргитовой и сфалерит-галенитовой стадий минерализации. Иногда прожилки халькопирита секут теннантит (рис. 86). Роль отмеченных генераций халькопирита подчиненная.

В некоторых полированных шлифах образцов сфалерит-галенитовой стадии рудоотложения обнаруживается концентрически-зональное строение сульфидных образований—в центре сфалерит, который окаймляется медным колчеданом полиметаллической стадии минерализации, а последний—теннантитом. Описанное взаимоотношение халькопирита данной стадии с другими сульфидами указывает на то, что медный колчедан выделился несколько позднее сфалерита до отложения теннантита.

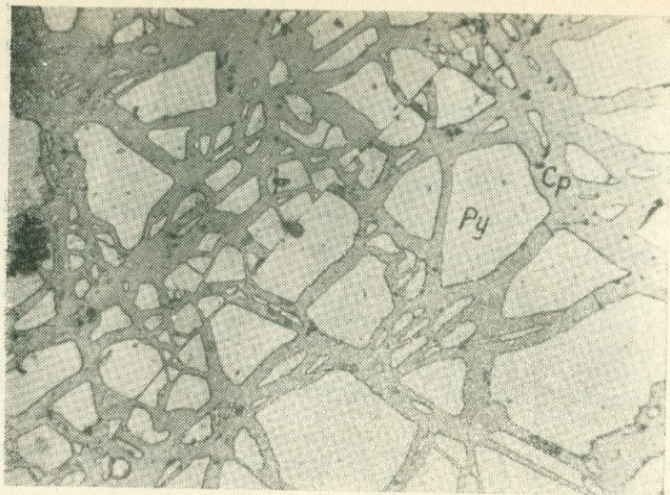


Рис. 85. Катаклазированный пирит (Py) сцементирован и замещается халькопиритом (Cp). Месторождение Кафан. Аншлиф, х60. По Э. А. Хачатуряну.

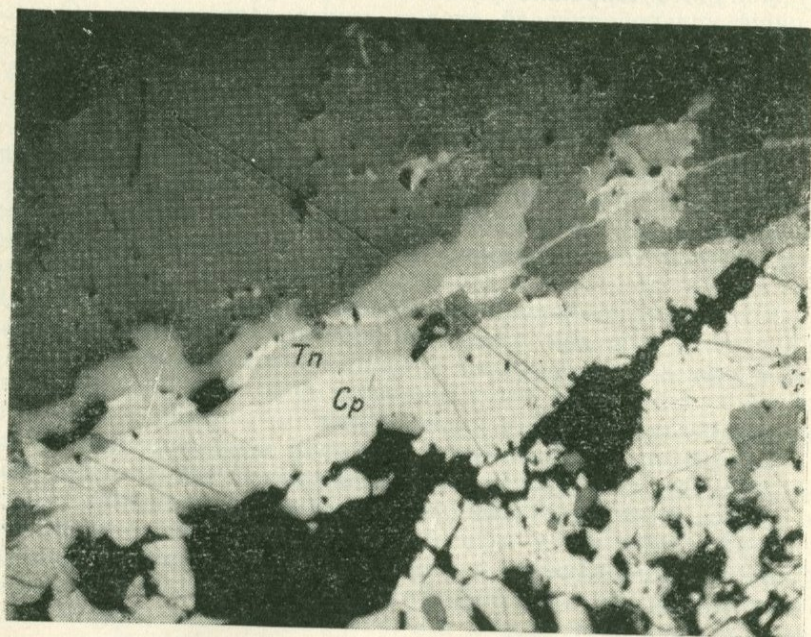


Рис. 86. Пржилок халькопирита (Cp) сечет более ранний теннантит (Tn). Месторождение Тей. Аншлиф, х120. По К. А. Карамяну.

Взаимоотношения описываемого минерала со сфалеритом характеризуются тем, что в рудах месторождения встречаются эмульсионные структуры распада твердых растворов этих сульфидов. Подобные разобщения их, по-видимому, обусловлены процессами коалесценции мелких эмульсионных включений.

Характерным является замещение халькопирита различными гипергенными минералами—борнитом, халькозином, азуритом, малахитом, ковеллином, хризоколлой, самородной медью, гидроокислом железа, купритом, теноритом, халькантитом и другими. Иногда в полях гипергенного борнита развиваются прожилки гипергенного же халькопирита (рис. 87).

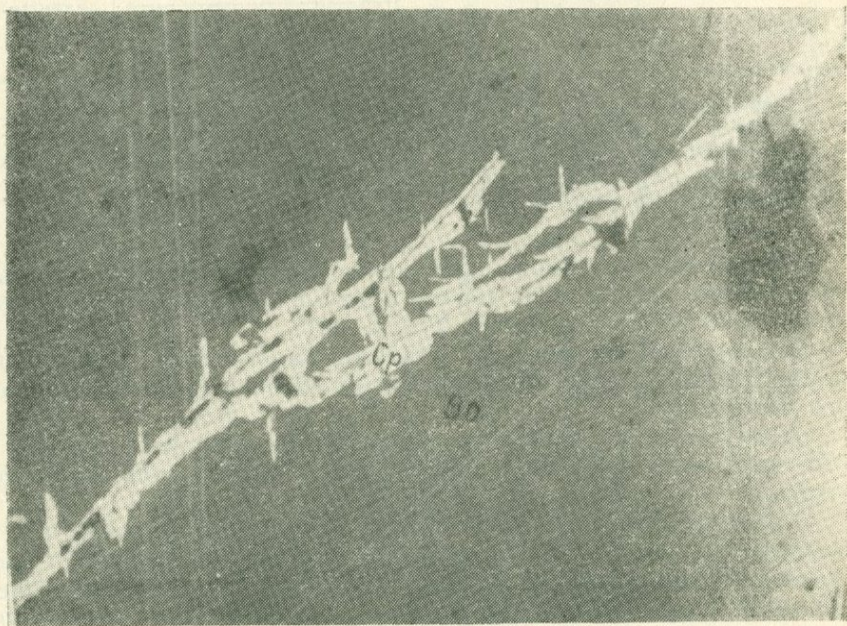


Рис. 87. Прожилки гипергенного халькопирита (Ср) в гипергенном борните (Bo). Месторождение Каджаран. Аншлиф, $\times 120$. По К. А. Карамяну.

Проведенные исследования показывают, что сульфиды руд Кафанского месторождения—халькопирит, пирит, галенит и сфалерит содержат значительно повышенную концентрацию редких элементов. Поэтому с целью характеристики закономерностей распределения и форм нахождения селена и теллура в халькопиритах различных стадий минерализации было исследовано 51 мо-

номинеральная проба медного колчедана, отобранных из разных участков рудного поля.

Имеющиеся фактические данные показывают, что редкие элементы (Se, Te и др.) в халькопирите распределены неравномерно.

Для халькопиритов каждой стадии рудообразования определены средние содержания селена и теллура (табл. 65).

Таблица 65

Средние содержания Se и Te в халькопиритах различных стадий минерализации (по Р. Н. Зарьяну)

№ п/п	Стадии минерализации	Кол-во анализов	Средние содержания в процентах		Отношение селен/теллур
			селен	теллур	
1.	Кварц-пиритовая	4	0,0054	0,0024	2,25 : 1
2.	Пирит-халькопиритовая	35	0,0138	0,0081	1,64 : 1
3.	Халькозин-борнитовая	4	0,0105	0,0087	1,20 : 1
4.	Теннантит-энаргитовая	4	0,0078	0,0046	1,69 : 1
5.	Сфалерит-галенитовая	4	0,0040	0,0090	0,44 : 1

Максимальное содержание селена связано с медным колчеданом наиболее развитой на месторождении *пирит-халькопиритовой* стадии минералообразования (табл. 66).

По данным химического анализа, халькопирит Кафанского месторождения содержит относительно высокие концентрации рения (табл. 67).

Для выяснения поведения рения в халькопирите, наряду с этим элементом химически определялось также содержание молибдена.

Как видно из таблицы, в медных колчеданах на грани чувствительности определения присутствуют молибден и рений. Отношение молибдена к рению для месторождения в целом составляет 3,5 : 1; на Кафанском месторождении, так же как в Джекказгане рений, по-видимому, не связан с молибденом.

Спектроскопически в халькопирите постоянно обнаруживают: Mn, Ti, Pb, Ag, Bi, Zn; спорадически: Ni, Co, As, Sb, Cd, Te, Au и значительно реже—Cr, Mo, W, Sn, Ga, Ge, In.

В результате проведенного исследования установлено следующее:

1. На рудном поле во время всего гидротермального процесса рудоотложения по отдельным стадиям минерализации отмечается более четырех генераций халькопирита.

2. Минерализация меди в виде халькопирита на месторож-

Таблица 66

Содержание селена и теллура в халькопиритах различных стадий минерализации на Кафанской группе месторождений (по Р. Н. Зарьяну)

№ № п/п	№ № проб	Место взятия пробы	Тип оруденения	Стадия минерализации	Результаты химического анализа в %	
					селен	теллур
1.	487	Рудник № 7—10, гор. 1140м	Жильный	Кварц—пиритовая	0,0050	0,0022
2.	488	Рудник № 7—10, гор. 1095м			0,0058	0,0026
3.	477а	Рудник № 7—10, гор. 1140м			0,0120	0,0068
4.	4/8а	Рудник № 7—10, гор. 1140м	Прожилково— вкрапленный	Пирит—халькопиритовая	0,0080	0,0070
5.	528а	Рудник № 1—2, гор. 765м			0,0120	0,0066
6.	594а	Катар, шт. 3, штр. 3			0,0140	0,0060
7.	513а	Рудник 6, гор. 862м	Жильный	Халькозин—борнитовая	0,0100	0,0085
8.	529а	Рудник №1—2; гор. 765м			0,0110	0,0090
9.	571	Рудник 6, гор. 960м	Жильный	Теннантит—энаргитовая	0,0070	0,0040
10.	530а	Рудник 6, гор. 893м			0,0086	0,0052
11.	577	Халадж, шт. 3, ж. 9	Жильный	Сфалерит—галенитовая	0,0035	0,0085
12.	581	Халадж, шт. 3, ж. 9			0,0045	0,0095

Концентрация молибдена и рения в медном колчедане пирит-халькопиритовой стадии минерализации

№ п.п.	№ пробы	Содержание в процентах		Отношение Mo:Re
		молибден*	рений**	
1.	464	0,0003	0,00012	2,5:1
2.	469	0,0008	0,00010	8:1
3.	471	0,0003	0,00005	6:1
4.	472a	0,0007	0,00018	3,8:1
5.	476	0,0004	0,00007	5,7:1

* Чувствительность определения Mo— $1 \cdot 10^{-4}$ %

** Чувствительность определения Re— $1 \cdot 10^{-5}$ %

дении, вероятно, выпадает как из истинных, так и из коллоидных многоэлементных гидротермальных растворов. В богатых медных рудах Кафана, наряду с массивной, полосчатой и брекчиевидной текстурами отчетливо устанавливается колломорфная или метаколлоидная текстура.

Отдельные агрегаты медно-цинковых руд обладают концентрически-зональной текстурой, обусловленной последовательным отложением гелей сложного состава.

Халькопирит является одним из главных рудных минералов медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района и одним из основных компонентов руд этих месторождений. Халькопирит проявляется в образованиях разнообразного генетического типа. Он установлен в кварц-полевошпатовых пегматитах Мегринского плутона и интрузивных массивов Баргушатского хребта. В небольших количествах отмечается в аплитах и аплит-пегматитах ряда интрузивных массивов. Халькопирит довольно широко отмечается в скарнах. Он присутствует в рудах почти всех скарновых рудных полей (бассейн рр. Гехи, Шнатаг, юго-восточный контакт Мегринского плутона—Нювади). Небольшое количество халькопирита отмечается и в грейзеноподобных образованиях сс. Аравус и Аткиз.

В кварц-полевошпатовых пегматитах халькопирит обычно заполняет промежутки между кристаллами полевого шпата и кварца. В аплит-пегматитах он также образует небольшие скопления, которые заполняют промежутки между кристаллами кварца. В скарнах халькопирит образует отдельные гнездообразные выделения размером до 1,0 см, которые фиксируются в промежутках между кристаллами граната, эпидота, либо в виде вкрапленности развиваются по гранату. В грейзеновых образова-

ниях с. Аравус и кварц-турмалиновых жилах с. Аткиз халькопирит отмечается в средней части рудного тела, где заполняет промежутки между кристаллами кварца, турмалина, магнетита и молибденита.

В гидротермальных медно-молибденовых месторождениях халькопирит является одним из минералов, широко проявленных в течение всего гидротермального этапа. Он отмечается в продуктах многих стадий минерализации.

Халькопирит в ранних стадиях минерализации—кварц-полевошпатовой, кварц-магнетитовой ряда месторождений (Каджаран, Агарак) проявляется спорадически и образует небольшие выделения, частично заполняющие промежутки между оформившимися кристаллами магнетита, либо образует структуры распада халькопирит-борнит. В более поздних—кварц-молибденит-халькопиритовой и кварц-халькопиритовой стадиях минерализации этот минерал образует значительные скопления, имеющие промышленное значение. В продуктах этих стадий минерализации халькопирит образует тесные сростания с молибденитом, висмутином, гематитом, борнитом, энаргитом, теннантитом, тетраэдритом, айкинитом, козалитом. Более ранние минералы в этом комплексе (пирит, висмутин, борнит) часто интенсивно разъедаются халькопиритом, либо образуют структуру распада борнит-халькопирит. Более поздние минералы, такие как энаргит, теннантит, виттихенит, эмплектит, тетрадимит, айкинит, козалит, обычно обрастают зерна халькопирита и в виде тонких прожилков рассекают поля его развития. Халькопирит проявляется и в более поздних стадиях минерализации—кварц-пиритовой и кварц-сфалерит-галенитовой, а на Дастакертском месторождении и в заключительной алабандиновой стадии.

В кварц-пиритовой стадии халькопирит тесно сростается с пиритом, часто разъедает и цементирует раздробленные кристаллы этого минерала. В кварц-сфалерит-галенитовой ассоциации многих месторождений халькопирит присутствует в значительном количестве и ассоциирует с пиритом, сфалеритом, галенитом, тетраэдритом, часто образует несколько генераций. На Дастакертском месторождении в кварц-сфалерит-галенитовой стадии устанавливаются три генерации халькопирита. Ранняя генерация образует относительно крупные вытянутые прожилкообразные выделения, прослеживающиеся вдоль зальбанда небольших жил. Вторая генерация халькопирита приурочена к средней части жил, где тесно ассоциирует со сфалеритом и в виде тонких прожилков пересекает относительно крупные его поля, а в ряде случаев обрастает в виде оторочки крупные выделения сфалерита. Наконец, третья генерация халькопирита возникает после галенита и образует

структуры краевых оторочек вокруг относительно крупных зерен галенита.

В кварц-сфалерит-галенитовой стадии Айгедзорского рудного поля отмечаются две генерации халькопирита. Ранняя генерация образуется после сфалерита и почти одновременно с ним, поздняя—после тетраэдрита. Здесь тончайшие прожилки халькопирита пересекают тетраэдрит. Халькопирит имеет зернистое строение. В массивных рудах характерно аллотриоморфнозернистое строение с размером зерен, достигающим 1,0 см. В полированных шлифах халькопирит обычно оптически изотропен. Однако на Дастакертском месторождении отмечаются анизотропные разности халькопирита. В кварц-сфалерит-галенитовых прожилках, небольших жилах, в пустотах и друзах отмечаются хорошо ограненные кристаллы халькопирита. Это обычно тетраэдры с хорошо выраженной штриховкой на гранях кристаллов.

В рудах Дастакертского медно-молибденового месторождения Г. О. Пиджяном описаны псевдоморфные кристаллы халькопирита по пириту. Макроскопически кристаллы представлены пентагондодекаэдрами и реже комбинацией пентагондодекаэдра и октаэдра и состоят из смеси пирита и халькопирита. Образование псевдоморфных кристаллов халькопирита по пириту автор объясняет более поздним привносом меди гидротермальными растворами, которые диффундировали по тончайшим трещинкам, развитым на гранях ранее выпавшего пирита, и, перерабатывая, замещали его халькопиритом.

Химические анализы халькопирита из различных месторождений приведены в табл. 68 (в %):

Таблица 68

№№ проб	Cu	Fe	Co	Ni	As	S	Se	Te	Bi	Сумма	Месторождение
1/63	32,50	31,95	0,007	0,003	0,011	35,52	0,0158	0,0018	0,011	100,0196	Дастакерт
5/36	33,99	31,65	0,001	0,001	0,05	33,46	0,0171	0,0041	0,05	99,2232	Каджаран
A—25	33,52	32,11	0,003	0,001	0,05	34,12	0,0221	0,0062	0,025	99,8123	Агарак

Автор — К. А. Карамян

Количественными спектральными анализами в халькопиритах установлены следующие элементы-примеси: Ti—0,01—0,03, Co—0,001, Mg—0,01, Mn—0,001—0,003, Ni—0,003, Mo—0,3—0,001, Pb—0,3—0,001, Ag—0,003—0,03, Sb—0,01, Bi—0,03—0,001, As—0,3—0,001, Zn—0,3—0,001.

Халькопириты всех месторождений и стадий минерализации постоянно содержат Se, Te, Bi. Содержание этих элементов в халькопирите различных месторождений приведено в табл. 69.

Таблица 69

Содержания селена, теллура и висмута в халькопиритах из различных медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района

№ № п/п	№ № обр.	Месторождение	Стадия минерализации	Содержание элементов в %			Автор
				Se	Te	Bi	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1/90/60	Каджаранское	Кварц-молибденит-халькопиритовая	0,0390	0,0040	не оп-реде-лялся	Карамян К. А.
2	2/90/60			0,0480	0,0120		
3	50/1/56			0,0360	0,0050		
4	K—20/4 58			0,0290	0,0040		
5	K—20/32			0,0400	0,0120	Фарамазян А.С.	
6	6/57			0,0123	0,0008		
7	4/58			0,0310	0,0030		
8	8/59			0,0198	0,0008		
9	28/58			0,0212	0,0018		
10	26/57			0,0146	0,0007		
11	18/57			0,0128	0,0019		
12	51/57			0,0128	0,0014		
13	15/57			0,0196	0,0004		
14	547			0,0180	0,0220	Зарьян Р. Н.	
15	37 ⁶			0,0080	0,0070		
16	555			0,0320	0,0100		
17	301			0,0330	0,0040		
18	290			0,0370	0,0030	Карамян К. А.	
19	K—20/8 57	Кварц-халькопиритовая		0,0340	0,0060		
20	K—20/13 58			0,0160	0,0040		
21	K—20/15 58			0,0480	0,0040		
22	K—20/24 58			0,0170	0,0020		
23	K—20/25 58			0,0280	0,0025		
24	3/90/60			0,0170	0,0030		
25	15/7 59			0,0350	0,0060		
26	17/7 59			0,0160	0,0030		
27	MC/3 58			0,0320	0,0040		
28	65/38			0,0160	сл.		
29	79/38			0,0200	сл.		
30	43/38			0,0210	сл.		
31	12/57			0,0262	0,0011	Фагамазян А.С.	
32	11/57			0,0254	0,0014		
33	6/58			0,0241	0,0046		
34	45/58			0,0180	0,0008		
35	5/58			0,0240	0,0008		
36	4/57			0,0312	0,0053		
37	9/57			0,0160	0,0031		
38	127/57			0,0266	0,0110		

1	2	3	4	5	6	7	8
39	26/57	Каджаран- ское	Кварц-халько- пиритовая	0,0231	0,0048		Фарамазян А.С.
40	65/57	—	—	0,0194	0,0072		—
41	40/57	—	—	0,0210	0,0012		—
42	15/57	—	—	0,0190	0,0035		—
43	49/57	—	—	0,0154	0,0009		—
44	19/58	—	—	0,0247	0,0009		—
45	54/57	—	—	0,0138	0,0008		—
46	30 ^a /58	—	—	0,0182	0,0007		—
47	176	—	—	0,0230	0,0033		Пиджян Г.О.
48	33	—	—	0,0260	0,0030		—
49	133	—	—	0,0190	0,0024		—
50	118	—	—	0,0210	0,0030		—
51	235	—	—	0,0235	0,0050		—
52	53/60	—	—	0,0250	0,0030		—
53	52/60	—	—	0,0200	0,0020		—
54	49/60	—	—	0,0185	0,0040		—
55	327	—	—	0,0340	0,0070		Зарьян Р.Н.
56	200	—	—	0,0140	0,0120		—
57	30	—	—	0,0220	0,0040		—
58	38	—	—	0,0210	0,0100		—
59	334	—	—	0,0300	0,0060		—
60	559	—	—	0,0140	0,0180		—
61	553	—	—	0,0200	0,0140		—
62	50/1/56	—	—	0,0360	0,0050		Карамян К.А.
63	350 ^a	—	—	0,0250	0,0065		Зарьян Р.Н.
64	302	—	—	0,0210	0,0100		—
65	1/38/58	—	—	0,0080	0,0010		Карамян К.А.
66	Ж—6/10/58	—	—	0,0300	0,0030		—
67	457	—	—	0,0140	0,0045		Зарьян Р.Н.
68	96	—	—	0,0170	0,0100		—
69	361	—	—	0,0030	0,0020		—
70	359	—	—	0,0245	0,0180		—
71	360	—	—	0,0165	0,0085		—
72		—	—	0,0110	0,0020		Карамян К.А.
73		—	—	0,0098	0,0030		—
74		—	—	0,0280	0,0095		—
75		—	—	0,0370	0,0057		—
76		—	—	0,0500	0,0095		—
77		—	—	0,0074	0,0020		—
78		—	—	0,0190	0,0041		—
79		—	—	0,0231	0,0052		—
80	77/36/56	—	Кварц-пирито- вая	0,0142	0,0020		—
81	40/38/57	—	—	0,0210	0,0045		—
82	14/57	—	—	0,0191	0,0028		Фарамазян А.С.
83	20/57	—	—	0,0164	0,0018		—
84	29	—	—	0,0120	0,0065		Зарьян Р.Н.
85	5506	—	—	0,0200	0,0090		—
86	558	—	—	0,0180	0,0060		—
87	83/36	—	Кварц-сфале- рит-галенито- вая	0,0145	0,0035		Карамян К.А.
88	72/38	—	—	0,0115	0,0021		—
89	104/56	—	—	0,0141	0,0180		Фарамазян А.С.
90	25/57	—	—	0,0123	0,0034		—

1	2	3	4	5	6	7	8
91	60/57	Каджаранское	Кварц-сфалерит-галенитовая	0,0155	0,0012		Фарамазян А.С.
92	50/57	—	—	0,0138	0,0110		—
93	551	—	—	0,0240	0,0600		Зарьян Р.Н.
94	1/63	Дастакертское	Полевощпат-кварц-халькопиритовая	0,0158	0,0018		Карамян К.А.
95	2/63	—	—	0,0153	0,0006		—
96	3/63	—	—	0,0315	0,0130		—
97	4/63	—	—	0,0408	0,0012		—
98	5/63	—	—	0,0166	0,0018	0,0370	—
99	6/63	—	—	0,0250	0,0042	0,0170	—
100	14/70	—	—	0,0060	0,0140	0,0082	—
101	6/70	—	—	0,0060	0,0040	0,0960	—
102	6/70	—	—	0,0060	0,0045	0,0050	—
103	7/70	—	—	0,0120	0,0075	0,0082	—
104	8/70	—	—	0,0180	0,0046	0,0136	—
105	10/70	—	—	0,0150	0,0100	0,0085	—
106	11/70	—	—	0,0150	0,0110	не опр	—
107	В—7	—	—	0,0240	0,0017	0,0130	—
108	17/Д—70	—	—	0,0159	0,0040	0,0124	—
109	18/Д—70	—	—	0,0176	0,0048	0,1200	—
110	19/Д—70	—	—	0,0248	0,0030	1,1700	—
111	3/63	—	—	0,0066	0,0013	не опр	—
112	4/63	—	—	0,0074	0,0009	не опр	—
113	5/63	—	—	0,0140	сл.	не опр	—
114	В—8	—	—	0,0420	0,0150	0,2400	—
115	В—9	—	—	0,0170	0,0029	0,0680	—
116	9/70	—	И-ая кварц-молибденит-халькопиритовая	0,0180	0,0010	0,0100	—
117		—	—	0,0100	0,0015	0,0440	—
118	38/70	—	—	0,0100	0,0010	0,0550	—
119	39/70	—	—	0,0120	0,0060	0,0920	—
120	9/63	—	—	0,0057	0,0090	—	—
121	106	—	—	0,0160	0,0040	0,0850	—
122	5	—	—	0,0060	0,0060	0,0120	—
123	1/58	—	—	0,0092	0,0014	—	—
124	6/58	—	—	0,0064	0,0010	—	—
125	9/58	—	—	0,0057	0,0009	—	—
126	37	—	—	0,0100	0,0020	0,0065	—
127	38	—	—	0,0195	0,0005	0,0088	—
128	35	—	—	0,0100	0,0005	0,0230	—
129	113	—	—	0,0200	0,0120	0,1900	—
130	2—Д/70	—	—	0,0085	0,0106	—	—
131	37	—	—	0,0100	0,0020	0,0065	Пиджян Г.О.
132	38	—	—	0,0095	0,0005	0,0088	—
133	35	—	—	0,0100	0,0005	0,0266	—
134	106	—	—	0,0160	0,0040	0,0850	—
135	113	—	—	0,0200	0,0120	0,1900	—
136	5	—	—	0,0060	0,0060	0,0120	—
137	21	—	—	0,0008	не обн	не обн	—
138	22	—	—	0,0070	0,0060	не обн	—
139	7/58	—	—	0,0073	0,0028	0,0720	Карамян К.А.
140		—	—	0,0083	0,0024	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8
141	3/63	Дастакертское	Кварц-сфалерит-галенитовая	0,0024	0,0010	—	Карамян К.А.
142	36/70	—	—	0,0150	не обн	0,0030	—
143	16/70	—	—	не обн	0,0010	0,0010	—
144	17/70	—	—	0,0010	не обн	0,0020	—
145	57	—	—	0,0070	0,0016	0,0010	Пиджян Г.О.
146	8/63	—	—	0,0005	0,0004	0,0010	Карамян К.А.
147	9/63	—	—	0,0006	0,0014	—	—
148	47/70	—	—	0,0060	не обн	—	—
149	50/70	—	—	0,0005	не обн	—	—
150	122	—	—	0,0070	0,0040	0,0014	Пиджян Г.О.
151	9а/63	—	—	0,0006	0,0014	0,0080	Карамян К.А.
152	A—486а	Агаракское	Кварц-халькопиритовая	0,0320	0,0020	0,0080	—
153	A—530(1)	—	—	0,0220	0,0030	0,0080	—
154	A—493	—	—	—	—	0,0100	—
155	A—539	—	—	0,0400	0,0060	0,0025	—
156	A—549	—	—	0,0240	0,0020	0,0010	—
157	A—574	—	—	—	—	0,3500	—
158	A—599(а)	—	—	0,0070	сл.	0,0120	—
159	A—36	—	—	0,0120	0,0020	0,0017	—
160	A—599	—	—	0,0060	0,0060	—	—
161	A—670	—	—	0,0020	0,0040	—	—
162	A—599(10)	—	—	0,0020	не обн	—	—
163	152	Айгедзор	Кварц-молибденит-халькопиритовая	0,0095	0,0020	0,0022	Пиджян Г.О.
164	137	Тей	—	0,0073	0,0023	0,0038	—
165	9 см	—	—	0,0060	0,0060	—	Карамян К.А.
166	10 см	—	Кварц-халькопиритовая	0,0070	0,0040	—	—
167	11 см	—	Кварц-сфалерит-галенитовая	0,0080	0,0060	—	—

Таблица 70

Содержания Au и Ag в халькопиритах медно-молибденовых месторождений*

№№ п/п	№ пробы	Месторождение	Au г/т	Ag г/т
1	2 ^м /75	Калджаран	4	34
2	6 ^м /75	—	1,2	5,4
3	10 ^м /75	—	2,8	4,6
4	18 ^м /75	Агарак	сл.	7,6
5	19 ^м /75	—	5,6	39,4
6	30 ^м /75	Дастакерт	6,6	54,6
7	35 ^м /75	—	0,8	5,2
8	84 ^м /75	—	1,2	138,8
9	37 ^м /75	Анкасар	1,2	3,0
10	37 ^м /75	—	0,6	44,4

* Анализы выполнены в пробирной лаборатории института «Армнипроцветмет».

Наряду с известными редкими и рассеянными элементами в халькопирите различных месторождений Зангезурского рудного района установлены также элементы группы платины (Pt и Pd), а также Au и Ag (табл. 70 и 71).

Таблица 71

Содержание Au и Ag в медных концентратах медно-молибденовых месторождений Зангезура

№№ п/п	№ пробы	Месторождение	Mo %	Cu %	Au г/т	Ag г/т
1	Технолог. проба* II кв. 1975	Каджаран	0,044	16,88	1,73	40,69
2	Технолог. проба* III кв. 1975 г.	Каджаран	0,052	13,74	1,55	46,66
3	Технолог. проба* IV кв. 1975 г.	Каджаран	0,043	17,25	1,62	48,61
4	Технолог. проба* I кв. 1976 г.	Каджаран	0,057	16,11	1,59	44,56
5	Технолог. проба* II кв. 1976 г.	Каджаран	0,059	16,67	1,7	49,63
6	Технолог. проба* III кв. 1976г.	Каджаран	0,053	18,21	2,07	45,25
7	—	—	0,11	16,57	2,0	45,0
8	—	Агарак	0,10	16,34	1,6	38,6
9	—	—	0,40	18,00	0,9	49,8
10	—	—	0,43	18,43	1,0	47,0
11	—	Айгедзор	0,06	17,50	1,0	20,6
12	—	Дастакерт	0,002	23,90	18,0	410,0
13	—	—	0,15	21,56	2,0	88,0
14	—	Джиндара	0,13	24,64	3,0	66
15	—	—	0,003	16,60	1,33	43,6

* Анализы по данным Армнипроцветмета; 7-15—из статьи А. С. Фарамазяна (1970).

О присутствии Pt и Pd в медных концентратах медно-молибденовых месторождений отмечается в работе А. С. Фарамазяна. Данные этого исследования приведены в табл. 72.

На отдельных месторождениях железорудной формации (Цакери-дош, Мисхана, Сваранц и др.) халькопирит встречается в незначительном количестве в виде мелких выделений неправильной формы вместе с агрегатами магнетита, гематита и нерудных минералов. Сульфид меди в составе железных руд играет весьма подчиненную роль.

Промышленное значение халькопирита в рудных формациях Армянской ССР, в особенности для колчеданной и медно-молибденовой—весьма велика.

Содержания Pt и Pd в медных концентратах медно-молибденовых месторождений

№ п/п	Месторождение	С о д е р ж а н и е				
		Mo %	Cu %	Pd г/т	Pt г/т	Pd : Pt
1	Каджаран	0,11	16,57	0,07	0,008	8,8 : 1
2	Каджаран	0,10	16,34	0,06	0,008	7,5 : 1
3	Агарак	0,40	18,0	0,05	0,02	2,5 : 1
4	Агарак	0,06	17,50	0,07	0,007	10,0 : 1
5	Агарак	0,043	18,43	0,16	0,02	8,0 : 1
6	Дастакерт	0,15	21,56	0,05	0,02	2,5 : 1
7	Дастакерт	0,13	24,64	0,05	0,01	5,0 : 1
8	Айгедзор	0,002	23,90	0,02	не обн	—
9	Джиндара	0,003	16,60	0,009	не обн	—

Кубанит— CuFe_2S_3 . Упомянут Г. И. Гольденбергом в кварц-халькопиритовых прожилках Айгедзорского и Г. О. Пиджяном в рудах Агаракского месторождений. Детально не изучен.

Станнин— $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$. Тетрагональная сингония. Характерны зернистые массы или мелкие включения в других минералах, кристаллы редки. Хрупок, твердость 3—4, уд. вес 4,30—4,52, черта черная, цвет стально-серый с оливково-зеленым оттенком, блеск металлический.

В полированных шлифах цвет серовато-белый с характерным оливково-зеленым оттенком. Отражательная способность (в %): для оранжевых лучей 21. Двуотражение незаметно, анизотропен, иногда слабо. В иммерсии анизотропность заметна хорошо с выявлением микроклиноподобной решетки двойниковой структуры. При травлении поверхности шлифа конц. HCl или конц. HNO_3 — пестрый налет, структурное травление HNO_3 (1 : 1).

Перед паяльной трубкой на угле плавится, белея с поверхности и образуя около пробы белый налет Sn. В HNO_3 разлагается, выделяя S и SnO_2 ; раствор приобретает синий цвет, что служит отличием станнина от сходных с ним блеклых руд. Теоретический состав (в %): Cu—29,58; Fe—12,99; Sn—27,61; S—29,82. Обычны примеси: Zn, Cd, Pb, Ag, Sb, In и др. Характерны эмульсионные включения сфалерита и халькопирита, также эмульсия станнина в полях этих минералов (под микроскопом в аншлифах).

В рудах Армянской ССР не характерен и встречается в виде

редких и мелких (0,01—0,05 мм) включений в месторождениях медно-мышьяковой (Мец-дзор), колчеданной (Шамлуг и др.), медно-молибденовой (Каджаран, Анкаван и др.), золото-теллуровой (Зод) формаций в ассоциации с халькопиритом, сфалеритом, блеклыми рудами, энаргитом (рис. 89), иногда касситеритом.



Рис. 88. Станнин (Stn) развивается в контакте с пиритом (Py), замещая сфалерит (Sl) с эмульсией халькопирита (Cr). Месторождение Зод. Аншлиф, $\times 100$.
По Ш. О. Амиряну.

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет. Максимальные содержания Sn (за счет микровключений станнина) установлены химическим анализом в «чисто» отобранном теннантите из месторождения Мец-дзор (Sn 0,45%). Микрофото мелких включений станнина в полях теннантита представлены на рис. 89.

Эмульсию станнина в халькопирите медно-молибденовых месторождений Зангезура отмечает М. П. Исаенко (1974).

Люцонит— Cu_3AsS_4 . Теоретический состав: Cu—48,42%, As—19,02%, S—32,56%. Тетрагональный, полиморфен (диморфен) с энаргитом.

На территории Армянской ССР установлен в месторождениях медно-молибденовой, колчеданной, медно-мышьяковой и золоторудной формаций. Обычно встречается в виде очень мелких включений в полях энаргита (основной спутник люцонита) (рис. 90) в парагенезисе с халькопиритом, борнитом, пиритом,

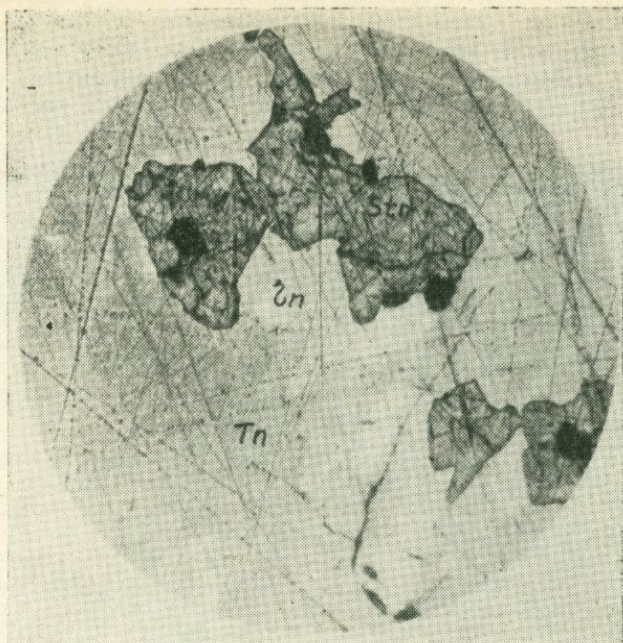


Рис. 89. Станнин (Stn) и энаргит (En) в поле теннантита (Tn). Протравлено HNO_3 . Месторождение Мец-дзор. Аншлиф, $\times 200$. По И. Г. Магакьяну.

иногда теннантитом, реньеритом, германитом, сфалеритом, галенитом и другими сульфидами и сульфосолями мышьяка, висмута и сурьмы.

Наиболее полно и детально люционит изучен в рудах Каджаранского месторождения (А. С. Фарамазян, Э. Х. Хуршудян, 1963), где он отмечается в парагенетических ассоциациях кварц-молибденит-халькопиритовой, кварц-халькопиритовой, кварц-пиритовой и, особенно, кварц-сфалерит-галенитовой стадий минерализации. Мельчайшие включения люционита обычно рассеяны в энаргите, срastaются с халькопиритом, пиритом, теннантитом и другими сульфидами. Следует отметить, что этот парагенезис люционита достаточно устойчив не только для руд медно-молибденовой формации, но и других формаций.

Для люционитовых образований характерны прожилково-вкрапленные и микродрузовые текстуры, где люционит образует тесные срastания с водяно-прозрачным мелкозернистым кварцем; на последний иногда нарастают ромбоэдри желтоватого прозрачного кальцита, являющегося одним из самых поздних минералов руд.

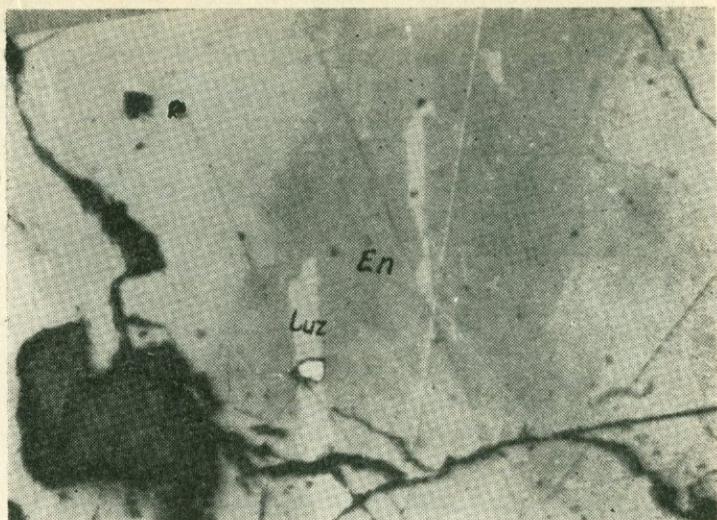


Рис. 90. Вытянутые выделения люционита (Luz) в энаргите (En). Месторождение Кафан. Аншлиф, х340. По Э. А. Хачатуряну.

Макроскопически (под бинокулярным микроскопом) люционит характеризуется изометрическим габитусом кристаллических агрегатов с многочисленными гранями полисинтетически сдвойникованных индивидов. Внешние формы агрегатов напоминают скаленоздры. Размеры граней кристаллов полисинтетических двойников так малы, что оставляют впечатление грубой штриховки.

Цвет минерала—темный, медно-красный (подобно свежему излому борнита). Непрозрачный. Блеск металлический, тусклый, черта и порошок—черные. Микротвердость 250—340 кгс/мм², твердость по шкале Мооса—средняя (3,0—3,5). Полируется хорошо, однако в отличие от энаргита спайность не наблюдается даже после травления. Рельеф в полированных шлифах подобен энаргиту. Отражательная способность в желтых лучах в воздухе составляет: $R_g \approx 32\%$, $R_p \approx 28\%$, $\Delta R_{\text{отн.}} \approx 13—14\%$. Минерал обладает более сильным эффектом двуотражения, чем энаргит, что, по-видимому, обусловлено полисинтетически двойниковым строением люционита (самый важный отличительный от энаргита признак!). Двуотражение как в воздухе, так и в масле сопровождается цветным эффектом: в воздухе— R_g (нежно-розовый) $>$ R_p (розовый), в масле— R_g (розово-желтый) $>$ R_p (нежно-розовый).

Цвет в отраженном свете из-за сильного цветового эффекта и полисинтетически двойникового строения неоднороден и пестрит в указанных выше цветовых оттенках, приближаясь больше всего к розовато-рыжему. Впечатление такого цвета подтверждается характером кривых дисперсии отражательной способности: максимумы устанавливаются в длинноволновой части спектра (рис. 91).

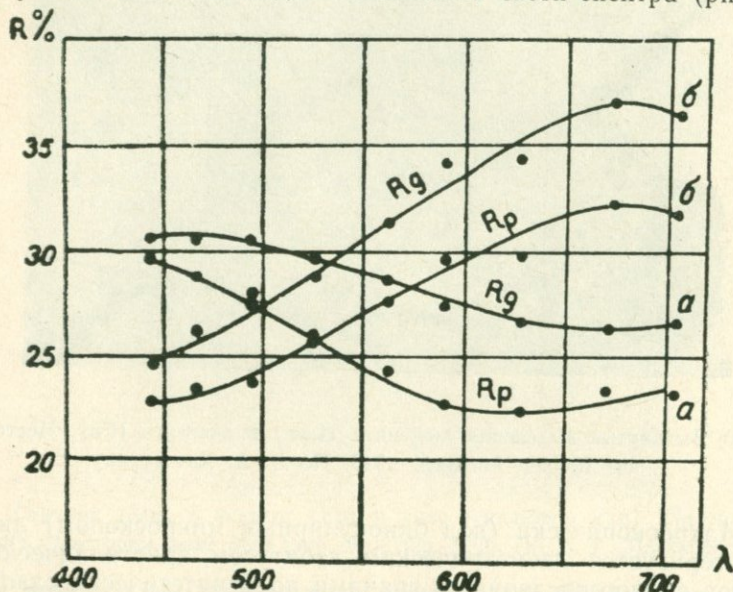


Рис. 91. Кривые дисперсии отражательной способности энаргита (а) и люконита (б). По А. С. Фарамазяну.

Внутренние рефлексy отсутствyют полностью. Погасание несдвойникованных удлинeнных разрезy—прямое, по отношению к двойниковому шву—косое (по И. Г. Магакьяну 20—25°).

По результатам травления не отличается от энаргита: положительный эффект от HNO_3 (слабый смываемый налет) и KCN (очень слабый налет). Не действует— HCl , FeCl_3 , HgCl_2 , KOH .

Структура аллотриоморфно-зернистых агрегатов хорошо проявляется в скрещенных николях, при этом преимущественное большинство зерен (~90%) характеризуется двойниковым строением, подобно сдвойникованным разностям халькопирита или сфалерита (рис. 92).

Формы отдельных кристаллических индивидов обычно изометрические, размеры в поперечнике достигают 0,05—0,10 мм, ширина отдельных индивидов двойниковых пластин не превышает тысячных долей мм.



Рис. 92. Двойниковое строение кристаллического агрегата люцитона. Месторождение Каджаран. Аншлиф, $\times 280$. По А. С. Фарамазю.

Состав каджаранского люцитона (по-видимому, с небольшой примесью пирита) изучен полуколичественным спектральным анализом: Cu , $\text{As} \gg 10\%$, Si , $\text{Fe} = 0,01 - 0,03\%$, Mg , Ti , Mo , Pb , Ag , Bi , $\text{Ge} = 0,003\%$.

Каджаранский люцитон изучен также рентгеновским анализом. Полученные межплоскостные расстояния оказались идентичными синтетическому тетрагональному Cu_3AsS_4 (табл. 73). Индексированием дебаеграммы, в расчете на тетрагональную ячейку, параметры элементарной ячейки составили: $a = 5,29 \text{ \AA}$, $c = 10,415 \text{ \AA}$.

Судя по наблюдениям структурно-текстурных взаимоотношений энаргита и люцитона в шлифах, энаргит является продуктом параморфного преобразования (замещения) люцитона. Об этом свидетельствуют факты постепенного преобразования отдельных зерен или двойников люцитона в энаргит; при этом трещины спайности новообразований энаргита обычно располагаются вдоль удлинения двойниковых пластин люцитона. Такие взаимоотношения этих минералов позволяют предполагать, что люцитон

Межплоскостные расстояния люцонита из Каджаранского месторождения*

Л ю ц о н и т

1	d α/n	d β/n	hkl
10	3,046		112
2	2,652		200
2	(2,063)	1,868	
10	1,871		220
2	(1,764)	1,592	
7	1,593		312
4	1,576		116
1	1,520		224
2	1,445		321
2	1,321		400
2	1,304		008
6	1,207		316
1	(1,196)	1,079	
2	1,181		420
2	(1,150)	1,078	
5	1,078		424
2	1,069		228
4	1,013		336
2	1,004		1,1,10
2	(0,987)	0,890	
1	0,932		408
5	0,892		516
2	0,884		3,1,10
5	0,835		620
5	0,825		622
2	0,804		536

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, $\text{Cu}_{\alpha\beta}$ —излучение, D—57.3; d—0,3, эксп. 2 ч.

из гидротермальных растворов выделяется раньше, чем энаргит и образуется он при сравнительно более высоких температурах.

Люцонит в рудных месторождениях Армянской ССР распространен шире, чем это представлялось раньше: в виде мельчайших включений в энаргите он отмечен в рудах Каджаранского, Агараковского, Дастакертского, Анкаванского, Кафанского, Танд-

зутского, Мец-дзорского, Аравусского, Арчутского, Зодского и других месторождений. По всей вероятности, при изучении шлифов раньше люционит пропускался из-за небольших размеров его включений в рудах и своему сходству с энаргитом, в тесном парагенезисе с которым он часто встречается.

Практическое значение люционита в рудах незначительное, однако энаргит-люционитовые руды обычно содержат повышенные концентрации золота, серебра, теллура, германия и др., что поднимает их ценность.

За рубежом люционит, как примесь, указывается в рудах месторождений Метрабанья (Венгрия), Бор (Югославия), Серро-де-Паско, Яуриоча, Уарон, Колхикирка (Перу), Лаурани (Боливия), Цумеб (Юго-Западная Африка) и др.

Миаргирит— AgSbS_2 . Теоретический состав (в %) — Ag —36,77; Sb —41,45; S —21,83, незначительные примеси— As , Fe , Cu , Pb . Низкотемпературная модификация моноклинной сингонии, высокотемпературная—псевдокубическая.

Очень редкие выделения миаргирита были отмечены в сульфоантимонитовых рудах Азатекского месторождения (В. О. Пароникян, 1964), в ассоциации с буланжеритом и геокронитом. Полируется плохо, хуже, чем буланжерит и геокронит. Относительный рельеф ниже указанных минералов. Микротвердость составляет 98 кгс/мм². Цвет—синевато-серый, в масле синий оттенок становится более отчетливым. Отражательная способность при оранжевом светофилтре составляет 31,5%; визуально немного ниже, чем у геокронита. Двухотражение очень слабое; умеренно анизотропный. Внутренние рефлексы красные, лучше наблюдаются в масле и по трещинкам.

Часть микровключений, обогащенных серебром и сурьмой галенитов Азатекского рудного поля, по-видимому, также представлены миаргиритом, которые, однако, трудно диагностируются под микроскопом из-за небольших размеров. Это предположение имеет кристаллохимическую основу: высокотемпературный псевдокубический миаргирит обладает сходными с галенитом параметрами элементарной ячейки (см. матильдит) и, следовательно, может находиться в нем в изоморфном состоянии. Однако при падении температуры этот изоморфизм нарушается путем выделения моноклинного миаргирита в качестве самостоятельной фазы.

Миаргирит в рудных месторождениях имеет довольно широкое распространение (П. Рамдор, 1960). Его присутствие отмечено в формации Co—Ni—Bi—Ag—U руд (Андреасберг, ФРГ; Фрейберг, ГДР), во многих серебряных и серебряно-полиметаллических месторождениях Мексики, Боливии (Ташаси, Гурисима, Колпаса) и

Чили (Мина-Хапонеса, Флорида). Миаргирит установлен также в Змеиногорском колчеданно-полиметаллическом месторождении Рудного Алтая (Минералы, т. I, 1960).

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Арамайонит(?)— $\text{Ag}(\text{Sb}, \text{Bi})\text{S}_2$. Теоретический состав (в%): Ag—34,77; Bi—14,02; Sb—30,55; S—20,66. Низкотемпературная модификация триклинной сингонии, высокотемпературная—псевдокубической.

Установлен в галените Гегарчинского участка Азатекского рудного поля (В. О. Пароникян, 1967). Формы выделения частиц изометрические, оваловидные, нередко тонкопластинчатые и реже—кубические. Размеры их составляют обычно тысячные и до сотых долей миллиметра, часто также лежат на грани разрешающей способности микроскопа. Количество их доходит до 10—15% площади галенита. Эти микровключения в галените образуют типичные структуры распада (рис. 93), располагаясь в двух или трех кристаллографических направлениях, очевидно в плане кубической (100) и октаэдрической спайности галенита.

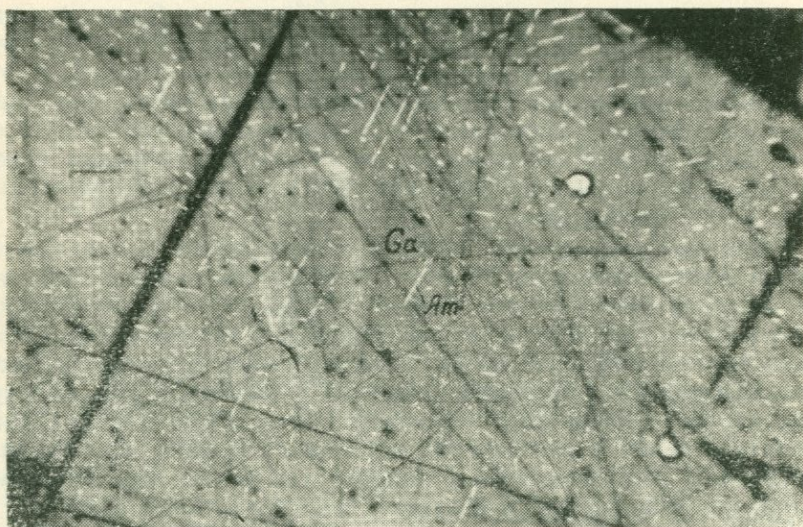


Рис. 93. Тонкопластинчатая и эмульсионная структура распада арамайонита (Am) в галените. Протравлено в парах царской водки. Месторождение Каялу. Аншлиф, $\times 105$. По В. О. Пароникяну.

Небольшие размеры зерен не позволяют произвести их точную диагностику. Под микроскопом определяются следующие свойства: относительный рельеф равен или немного выше, чем у галенита и заметно ниже, чем у блеклой руды. Полируется лучше галенита. Отражательная способность визуально лежит между галенитом и блеклой рудой; двуотражение и эффекты анизотропии выражены слабо. Внутренние рефлексы отсутствуют. Галениты с такими микровключениями необычайно богаты Ag, Sb, Bi, а также As. Физико-химическая и кристаллохимическая сторона изоморфного вхождения арамайонита в структуру галенита рассмотрена отдельно (см. матильдит).

В природе арамайонит возможно имеет более широкое распространение, в особенности в обогащенных висмутом и сурьмой месторождениях. Однако в литературе (П. Рамдор, 1962) упоминается лишь один пункт—рудник Анимас (Боливия) с висмута-серебряно-оловянным оруденением (станнин, Bi, касситерит и арамайонит). В рудах Армянской ССР имеет некоторое значение как источник содержания в галенитах примеси Ag и Bi.

Матильдит— AgBiS_2 . Теоретический состав (в %): Ag—28,33; Bi—54,84; S—16,83. Примеси—Au, Pb, Se. Низкотемпературная модификация ромбоэдрической сингонии, высокотемпературная—псевдокубическая. Установлен исключительно в галените Каялинского, Газминского, Гюмушханского, Личквас-Тейского и Барцраванского месторождений (В. О. Пароникян, 1962, 1967). Образует самые разнообразные по форме включения: эмульсионные, пластинчатые, ксеноморфные с размерами частиц, находящимися обычно в пределах разрешающей способности микроскопа и реже доходящие до 0,04 мм в длину. Пластинчатые тельца матильдита в галените располагаются по трещинам спайности в одном или в двух направлениях, аналогично структурам распада твердого раствора халькопирит-сфалерит. Неправильной формы и крупные по размерам включения матильдита создают в галените петельчатую или импликационную структуру, промежутки которых наполнены параллельными тонкопластинчатыми тельцами. Частота встречаемости матильдита значительно падает от относительно высокотемпературных (Каялу, Личквас-Тей) к более низкотемпературным (Гюмушхана, Газма) рудам. В последних случаях матильдит устанивается в образцах галенитов, отобранных из нижних горизонтов рудных тел.

Описываемый минерал полируется хорошо; относительный рельеф немного выше, чем у галенита. Микротвердость сходна с таковой козалинта—115—124 кгс/мм². Цвет белый с едва заметным кремовым оттенком. Слабо, иногда умеренно двуотражающий с изменением цветного оттенка (особенно в масле); светлое

положение—кремово-белый (R близка к галениту), темное положение—серо-белый с нежно-зеленоватым оттенком (R ниже, чем у галенита). Умеренно-сильно анизотропный в кремово-желто-белом и коричневатом-сером тонах при диагональных положениях пластинчатых зерен. Микроспектральные анализы некоторых выделений показали интенсивные линии серебра и висмута.

Можно предположить, что указанные частицы первоначально в структуре галенита входили в форме изоструктурного псевдокубического шапбахита, выделившегося в самостоятельную фазу и претерпевшего полиморфное превращение в ромбический матильдит (температура превращения $< 225^\circ$) при обычных условиях.

Исследования микровключений галенитов (В. О. Пароникян, 1967) показали, что они чаще всего представлены сульфоантимонитами и сульфовисмутитами серебра, иногда свинца (матильдит, миаргирит, арамайонт), а также блеклой рудой, чем простым сульфидом серебра—аргентитом. Этот вывод подтверждается и спектроскопическими исследованиями галенитов Армянской ССР (табл. 74).

Из приведенных в табл. 74 данных следует, что наибольшие концентрации серебра—0,1—0,24% приурочены к галенитам, обогащенным одновременно висмутом (0,11—0,55%), сурьмой и мышьяком (месторождения Каялу, Азатек, Личквас-Тей). В пределах отдельных месторождений устанавливается высокая степень положительная корреляционная зависимость между Ag—Bi , Ag—(Sb+As) (табл. 74).

Нахождение серебра в природных галенитах в форме сульфовисмутитов—шапбахита и матильдита—впервые установлено П. Рамдором (1962). Кристаллохимическая сторона явления изоморфизма серебра в такой форме разработана В. М. Гольдшмидтом (Goldschmidt, 1954) и П. Рамдором (1962), которая в дальнейшем была подтверждена экспериментальными исследованиями.

Изоморфное вхождение Ag_2S (аргентит) в PbS должно быть ограничено из-за значительного различия параметров ячейки кубического аргентита ($a_0 = 4,89 \text{ \AA}$) и галенита ($a_0 = 5,936 \text{ \AA}$). Кроме того, кубический аргентит, будучи в определенной степени изоморфным с галенитом, может существовать при температуре выше 179° , что также значительно ограничивает вхождение серебра в галенит в такой форме. Параметр элементарной ячейки высокотемпературного псевдокубического шапбахита— AgBiS_2 ($a_0 = 5,643$) больше приближается к галениту и поэтому изоморфизм серебра в такой форме должен охватывать большие пределы (особенно при высоких температурах, что подтверждается данными природных образцов) (П. Рамдор, 1962; В. О. Пароникян,

Таблица 74

Средние содержания некоторых элементов-примесей в галенитах полиметаллических руд Армянской ССР по данным приближенно-количественных спектральных анализов (по В. О. Парониану)*

Структурная зона	Месторождение	Кол-во анализов	Средние содержания в %				Коэффициент корреляции	
			Ag	Sb	Bi	As	Ag—Bi	Ag— —(Sb+As)
Алаверди-Кафанская	Шамлуг	5	0,011	0,13	0,0014	0,05	+0,62	+0,96 +0,04 +0,50
	Ахтала	8	0,026	0,14	0,00008	0,013		
	Шаумян-Халадж	9	0,019	0,027	0,0098	0,001		
	Мургузская зона	10	0,021	0,0071	0,004	<0,001		
	Мовсес	9	0,0046	0,0073	<0,0001	0,006		
	Лалигюх	10	0,043	0,0036	0,005	—		
Севано-Амасийская	Привольное	38	0,0076	0,0007	0,0044	—	+0,50	
	Марц	13	0,012	0,015	0,0013	—		
Памбак-Зангезурская	Газма	32	0,025	0,045	0,013	0,003	+0,56	+0,31
	Каялу	11	0,16	0,28	0,33	0,09	+0,63	—0,14
	Гюмушхана	13	0,043	0,16	0,015	0,016	—0,30	+0,70
	Азатек	10	0,12	0,66	0,11	0,17	+0,11	+0,30
	Личквас-Тей	20	0,32	0,25	0,58	0,07		

* Анализы произведены в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР.

1967) и экспериментальных исследований. Помимо этого представляется возможным (В. О. Пароникян 1963, 1967) изоморфное вхождение серебра в решетку галенита в форме высокотемпературного псевдокубического миаргирита— AgSbBi_2 ($a_0=b_0=5,829$; $c_0=5,482$ Å) и арамайонита— $\text{Ag}(\text{Sb,Bi})\text{S}_2$ ($a_0=b_0=5,68$; $c_0=5,631$ Å), обладающими сходными с галенитом параметрами элементарной ячейки. Высокотемпературные модификации указанных минералов изоморфны между собой и псевдокубическим шапбахитом (Минералы, т. I, 1960). Следует, однако, заметить, что изоморфизм миаргирита и арамайонита в галените может иметь место при высоких температурах, так как эти соединения при низких температурах претерпевают полиморфные превращения в моноклинную (миаргирит) и триклинную (арамайонит)) модификации.

Микровключения минералов в галените, как показывают региональные минералогические данные, могут служить хорошим индикатором для формационного анализа и типизации руд. Так, например, в галенитах колчеданной формации Алаверди-Кафанской эвгеосинклинальной зоны с магматизмом натриевой серии салически-фемического профиля наиболее характерными микровключениями являются блеклая руда (Шамлуг, Ахтала), а также теллуриды Ag, Au, Pb. Между тем как в галенитах полиметаллической формации Памбак-Зангезурской зоны с гранитным (калиевым) источником оруденения, наряду с блеклой рудой, типичными являются также сульфoантимониты и сульфoвисмутиты Cu, Pb и Bi. Включения сульфoвисмутитов как продукта распада твердого раствора в последнем случае характерны для галенитов относительно высокотемпературных руд (Каялу, Личквас-Тей) или же глубоких горизонтов рудных тел.

По П. Рамдору (1962), матильдит или шапбахит в природных образованиях распространены гораздо шире, чем предполагалось раньше. Находки этих минералов известны в пегматитах (Ивигтут, Гренландия), в высокотемпературных сульфидно-касситеритовых жилах (Бустервеско, Испания; Циновец, Чехословакия) в висутоносных (среднетемпературных) рудах (Шапбах, ФРГ; Матильда, Перу), а также в Co—Ni—Bi—Ag формации руд (Кобальт, Канада).

Матильдит представляет некоторый интерес как источник примеси Ag и Bi в галенитах руд полиметаллической формации Армянской ССР.

Геокронит— $\text{Pb}_5(\text{Sb,As})_2\text{S}_8$. Сингония моноклинная. Структура этого минерала достоверно пока не установлена; отношение Sb:As часто близко 1:1. Теоретический состав по вышеприведенной формуле должен быть (в %): Pb—69,62; Sb—8,07; As—5,05; S—17,26. Примеси—Cu, Ag, Tl, Sn.

Геокронит в рудах сульфоантимонитовой стадии Азатекского месторождения впервые был описан Э. А. Сагателян (1961). Этот минерал установлен также в полиметаллических рудах (В. О. Пароникян, 1964, 1980) Каялинского, Гюмушханского, Газминского (Айюцзорский рудный район) и Аравусского, Барцраванского (Сисианский район) месторождений. Редкая примесь геокронита отмечается также в сульфоантимонитовых рудах Зодского месторождения (Ш. О. Амирян, 1974).

В медно-молибденовой, медноколчеданной и колчеданно-полиметаллической формациях ряд геокронит отсутствует.

Парагенетические ассоциации, в которых встречается сульфоантимонит-арсенит свинца, следующие: пирит-теннантит-энаргитовая (уч. Мазмазак Аравусского рудного поля), полиметаллическая (Газма, Каялу, Гюмушхана, Барцраван, Аравус) и сульфоантимонитовая (Азатек, Зод). В первых двух ассоциациях геокронит в целом является характерным минералом, однако встречается обычно в небольших количествах. Некоторое возрастание частоты встречаемости геокронита отмечается в полиметаллических рудах Сисианского района, где его среднее содержание составляет 0,3 (Барцраван) и 1,2% (участок Мазмазак Аравусского рудного поля). В сульфоантимонитовых рудах Азатекского месторождения среднее объемное содержание (от общей суммы сульфидов) геокронита составляет 3,8%.

В рудах полиметаллической стадии минерализации Айюцзорского рудного района геокронит представлен обычно ксеноморфными, эмульсиевидными выделениями в галените в сростании с бурнонитом (Каялу, Гюмушхана), а также с бурнонитом и буланжеритом (Газма) и блеклой рудой. В полиметаллических рудах Барцравана он встречается обычно в блеклой руде, образуя с ней нередко мирмекитовые сростания. Редкие вкрапленники геокронита (размером до 0,05 мм в поперечнике) отмечаются также в сфалерите и галените. В полиметаллических рудах Мазмазакского участка геокронит является очень характерным минералом; минерал чаще всего приурочен к галениту или же к стыкам галенита с блеклой рудой, образуя реакционные каемки.

В сульфоантимонитовых рудах Азатекского месторождения геокронит после бурнонита и буланжерита является одним из самых распространенных минералов. Образует ксеноморфные массы (размером до 1 мм) и грубопризматические агрегаты. Эмульсиевидные пятнистые выделения геокронита (размеры зерен до 0,07 мм) довольно обычно для галенита и редко встречаются в тетраэдрите, располагаясь между галенитом и тетраэдритом в качестве реакционной каемки. Общая тенденция такова, что геокронит больше тяготеет к галениту, а бурнонит—к тетраэдриту.

Геокронит полируется хорошо, относительный рельеф его немного выше, чем у галенита и буланжерита и ниже, чем у бурнонита. Микротвердость варьирует в пределах 129—146 кгс/мм². Цвет в отраженном свете—белый, рядом с галенитом обладает нежным желтовато-зеленым оттенком. Отражательная способность при оранжевом светофильтре по двум замерам составляет 37%. Дисперсия отражательной способности характеризуется возрастанием R в зеленой и синей части (см. табл. 43). спектра (λ —525—590 мμ), что хорошо согласуется с его цветным оттенком. Визуально отражательная способность геокронита немного выше, чем у бурнонита, однако ниже, чем у буланжерита и галенита. Двухотражение обычно слабое, слабее, чем у бурнонита и в особенности буланжерита, особенно хорошо заметно на границе двойниковых пластинок; заметно усиливается в масляной иммерсии. От слабого до умеренного анизотропный в желтовато-коричневых и синевато-зеленых тонах. Структура агрегатов как аллотриоморфнозернистая, так и гипидиоморфнозернистая. Полисинтетические двойники в последнем случае располагаются в двух направлениях наподобие паркетобразной структуры бурнонита. Отдельные индивиды часто имеют таблитчатую и тонкопластинчатую форму без признаков двойникования

В двух пробах геокронита, отобранных под микроскопом, помимо главных компонентов—Pb, Sb и As спектральными анализами установлены примеси: Fe—0,01—1,0; Cu, Ag—0,02—0,03; Bi—0,0065—0,065; Cd—0,008—0,03; Ti—0,001—0,002; Mo—до 0,02 (в %) и др. В одной пробе геокронита установлено высокое содержание цинка (8,0%). Межплоскостные расстояния геокронита из Азатекского месторождения (по В. О. Пароникяну) близки таковым эталона из Смирновского месторождения (В. И. Михеев, 1958) с несколько большим количеством линий (табл. 75).

Геокронит встречается в различных формационных типах руд, охватывающих как высоко, так и низкотемпературные уровни рудообразования. Геокронит является характерным минералом для высокотемпературных сульфидно-скарновых руд Швеции (Фалун, Сала) и Норвегии (Сулительма), где он встречается в парагенезисе с большим числом минеральных видов, в том числе—пиритом, арсенопиритом, молибденитом, бурнонитом, галенитом, сфалеритом и др. К этому типу близки и дислокационно-метаморфизованные колчеданные месторождения Байерланд (ФРГ) и Купферберг (Польша). Геокронит характерен также для некоторых субвулканических серебряно-полиметаллических и серебряных эпитермальных месторождений Мексики и Боливии, где в ассоциации с ним наряду с буланжеритом и бурнонитом встреча-

Межплоскостные расстояния геокронита из Азатекского месторождения*

l	d α/n	l	d α/n
4	3,73	4	1,774
5	3,53	2	1,607
6	3,41	5	1,483
5	3,211	2	1,456
4	3,074	2	1,416
10	2,973	4	1,363
4	2,907	6	1,328
3	2,815	4	1,301
4	2,731	5	1,212
8	2,248	5	1,142
4	2,123	1	1,050
9	2,100	4	1,005
7	1,95	5	0,989
3	1,907	4	0,938
7	1,837	4	0,894
6	1,793	3	0,831

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, Cu—Ni излучение, $D=57,3$; $d=0,4$, эксп. 6 ч.

ются иногда многочисленные сульфиды и сульфосоли серебра, висмута и меди.

Материалы по распространенности геокронита (и других сульфоантимонитов Pb и Cu) по рудным формациям территории СССР показывают, что этот минерал характерен для полиметаллических руд многоэпиклиналиных провинций или зон с коровым (гранитным) магматизмом—Восточное Забайкалье (месторождения Смирновское, Кадаинское, Ивановское, Екатерино-Благодатское), Памбак-Зангезурская зона Малого Кавказа и не встречается в эпиклиналиных колчедановых провинциях.

Козалит— $\text{Pb}_2\text{Bi}_2\text{S}_5$. Сингония ромбическая. Теоретический состав: (в %): $\text{Pb}=41,75$; $\text{Bi}=42,10$; $\text{S}=16,15$. В качестве примесей присутствуют Ag , As , Sb и Se . Установлен в полиметаллических рудах Гегарчинского и Каялинского участков Азатекского рудного поля (В. О. Пароникян, 1962), в пирит-халькопиритовой ассоциации Личквиз-Тейского золоторудного месторождения (Ш. О. Амирян, 1966) и в медно-молибденовых рудах Дастакертского месторождения (рис. 94) (Г. О. Пиджян, 1970). Козалит на

Гегарчинском участке сопровождается пиритом, арсенопиритом, халькопиритом, айкинитом, блеклой рудой, а также сфалеритом и галенитом. Представлен в виде пластинчатых и реже игольчатых выделений в полях теннантита и халькопирита. С последним образует реакционную каемку, составленную последовательно из айкинита-козалита, реже переходящую в эмплектит и виттихенит.

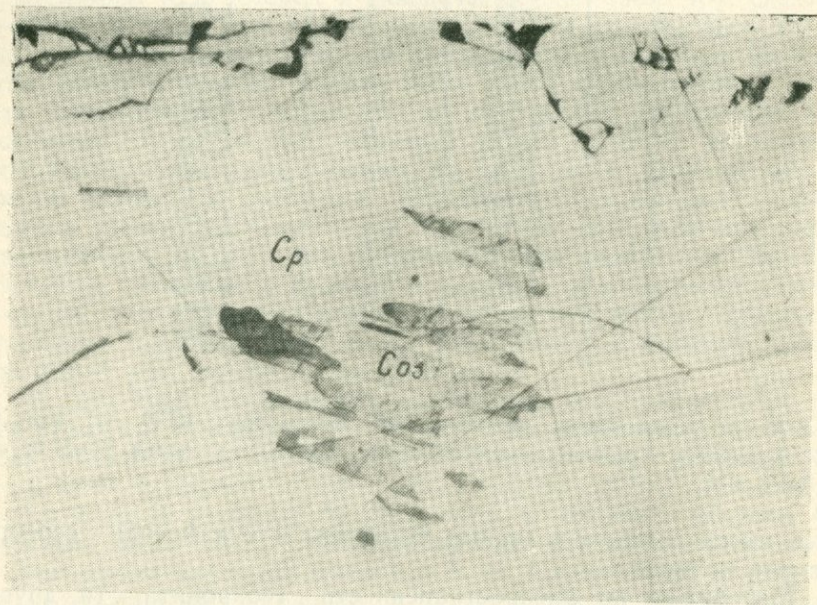


Рис. 94. Пластинчатые кристаллы козалита (Cos) в халькопирите. Месторождение Дастакерт. Аншлиф, $\times 120$. По К. А. Карамяну.

Козалит полируется хорошо, лучше, чем галенит. Относительный рельеф немного выше, чем у галенита, но ниже, чем у айкинита. Микротвердость козалита из Гегарчинского участка варьирует в пределах $107\text{--}132\text{ кгс/мм}^2$ и по 3 замерам составляет 116 кгс/мм^2 . Цвет минерала в отраженном свете белый, похож на галенит. Отражательная способность для оранжевых лучей составляет $42,7\%$; козалит из Личкваского месторождения обладает: $R_g\text{—}45,3\%$ $R_p\text{—}43,6\%$ (Ш. О. Амирян, 1966). Отражательная способность козалита заметно возрастает в синей и фиолетовой части спектра (см. табл. 43). Двуотражение от слабого до умерен-

Межплоскостные расстояния козалиита

Каялинское месторож- дение*		Личквазское месторож- дение**	
1	3,91	—	—
2	3,64	—	—
10	3,45	8	3,42
1	3,16	4	3,26
1	3,08	5	3,03
10	2,98	10	2,91
1	2,89	5	2,79
1	2,79	1	2,68
2	2,14	4	2,23
6	2,11	5	2,11
5	2,04	8	2,01
3	1,812		
3	1,792	3	1,79
2	1,716		—
—	—	3	1,41
1	1,391	3	1,38
2	1,326	—	—
—	—	—	—
2	1,214	—	—
1	1,137	—	—

* Анализ выполнен в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС—55, Fe-Mn—излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 34 ч.

** Анализ выполнен в лаборатории ЦНИГРИ Л. А. Валякко. Условия съемки: УРС—60, Fe-Mn—излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 2,5 ч.

ного; сильно анизотропный. В скрещенных николях проявляются удлиненные и пластинчатые индивиды без признаков двойникования. Козалит подтвержден рентгенометрическими исследованиями (В. О. Пароникян, 1962; Ш. О. Амирян, 1966). Межплоскостные расстояния исследуемого минерала, приведенные в табл. 76, совпадают с данными эталона из месторождения Бетпакдала.

В рудных месторождениях козалиит имеет довольно широкое распространение. Встречается в самых разнообразных генетических типах месторождений, но чаще всего в тех, которые формируются в высокотемпературных условиях. Козалит присутствует в контактово-метасоматических рудах Бая-де-Арамэ (Румыния) в ассоциации с теллуридами Ag, Bi и Pb; в Co—Ni—Ag рудах месторождения Кобальт, Канада (ассоциация сульфидов Fe, Cu, Pb, Ag, арсенидов и антимонидов Ni, Co, сульфоарсенидов Ni и Co), в высокотемпературных рудах Болиден, Швеция (ассоциация

Межплоскостные расстояния козалита Дастакертского месторождения*

№№ линий п/п	l	d λ /n	№№ линий п/п	l	d λ /n
1	6,15	8	21	2,27	6
2	5,64	8	22	2,23	8
3	4,45	10	23	2,17	4
4	4,10	12	24	2,13	14
5	3,96	10	25	2,09	10
6	3,88	10	26	2,05	6
7	3,81	8	27	2,04	10
8	3,72	14	28	1,97	4
9	3,64	12	29	1,94	8
10	3,44	100	30	1,94	16
11	3,37	25	31	1,817	6
12	3,24	6	32	1,798	10
13	3,20	6	33	1,774	6
14	3,03	8	34	1,748	6
15	2,96	20	35	1,723	10
16	2,81	30	36	1,722	10
17	2,71	4	37	1,669	6
18	2,66	4	38	1,592	2
19	2,34	2	39	1,548	2
20	2,29	10			

* Анализ выполнен в лаборатории ИМГРЭ АН СССР А. А. Александровым
Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,3, эксп. 4 ч.

сульфидов Fe, Cu, Pb, Zn, Bi и сульфоантимонитов Cu, Pb). Козалит—характерный компонент для вольфрамоносных кварцевых жил (Бетпакдала, КазССР; Дир-Парк, США и др.), некоторых касситерито-сульфидных месторождений и для кварцево-золоторудного оруденения (Карибу, Британская Колумбия, Комсток, США).

Энаргит— Cu_3AsS_4 (или $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_5$), ромбическая сингония, диморфен с люцитом тетрагональной сингонии.

Характерны зернистые агрегаты, кристаллы призматического или таблитчатого габитуса. Спайность совершенная по (110), ясная по (100) и (010), хрупок, твердость 3,5—3,7 уд. вес 4,3—4,5, цвет стально-серый до железно-черного.

Кристаллы энаргита из месторождения Мец-дзор были измерены Е. Е. Костылевой, установившей в них главные формы—*c* (001), *a* (100), *g* (110) и подчиненные формы—*r* (310), *l* (130), *x* (320), *b* (010).

Зарисовки кристаллов энаргита (рис. 95) и фото друзы кри-

сталлов энаргита (рис. 96) приводятся также по месторождению Мец-дзор.

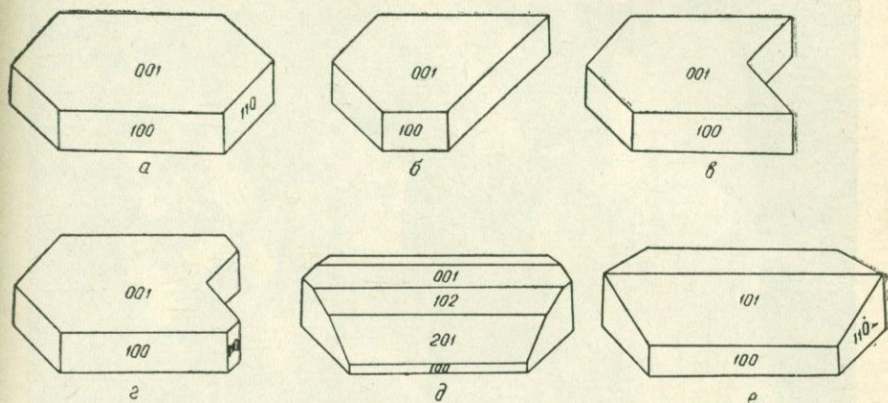


Рис. 95. Формы кристаллов энаргита из Каджаранского месторождения. По А. С. Фарамазяну и Э. Х. Хуршудян (1963).

Твердость, измеренная на приборе ПМТ-3, составляет 220—300 кг/мм², рельеф выше галенита, халькопирита, борнита и почти равен рельефу блеклой руды, люцитита, сфалерита (по А. С. Фарамазяну для энаргита Каджаранского месторождения). В полированных шлифах в отраженном свете цвет минерала розовый с коричневым или фиолетовым оттенком, оптические константы, измеренные фотометрическим окуляром системы И. С. Волинского в желтом свете, следующие: $R_g \approx 29\%$, $R_p \approx 26\%$, ΔR отн. 15—16%.

Двуотражение заметно в сростках зернистых агрегатов, а в масляной иммерсии сопровождается цветным эффектом: R_g —розовый с сиреневым оттенком > R_p —нежно-сиреневый.

Сильно анизотропен с ясным цветным эффектом от красно-фиолетового до светло-зеленого, погасание прямое, внутренних рефлексов нет.

При травлении энаргита стандартными реактивами положительно действует только KCN (выявляет внутреннюю структуру).

Люцитит очень похож на энаргит, отличается от него наличием полисинтетических двойников (!), косым под углом 20—25° погасанием относительно удлинения двойниковых пластин, характером кривых дисперсии (максимумы у энаргита в коротковолновой, а у люцитита—в длинноволновой части спектра), параметра-

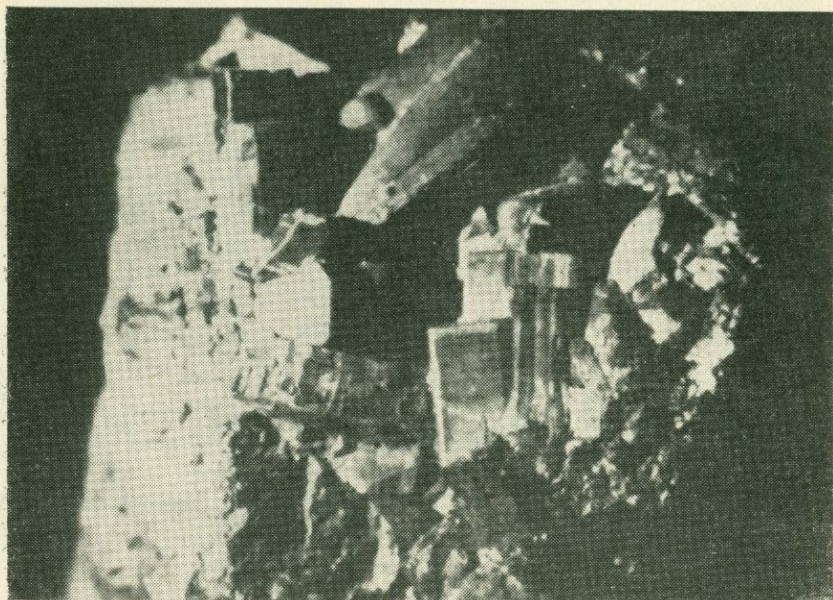


Рис. 96. Друза кристаллов энаргита призматического габитуса. Месторождение Мец-дзор. Фото, х2. По И. Г. Магакьяну.

Таблица 78

Результаты химических анализов энаргитов из различных месторождений Армянской ССР*

Элементы	Проба № 1 месторождение Мец-дзор	Проба № 2 месторождение Каджаран	Проба № 3 месторождение Датгакерт	Проба № 4 месторождение Аравус
As	16,73	18,94	16,55	18,60
Cu	45,63	46,91	48,42	46,5
S	32,88	32,30	32,36	31,29
Sb	не обн.	не обн.	3,29	0,75
Fe	1,01	0,38	0,63	2,10
Zn	не обн.	0,35	0,29	0,45
Ag	не обн.	не обн.	—	—
Te	не обн.	не обн.	—	—
Нераств. остаток	0,74	1,08	—	—
Сумма	96,99	99,96	101,54	99,68

* 1. Колл. И. Г. Магакьяна, аналитик М. М. Стукалова; 2. Колл. А. С. Фарамазяна, аналитик М. М. Стукалова; 3. Колл. К. А. Карамяна, аналитик С. А. Дехтрикян; 4. Колл. К. А. Карамяна, аналитик С. А. Дехтрикян.

ми элементарной ячейки по данным рентгеноструктурного анализа (энаргит имеет ромбическую структуру, а люцонит—тетрагональную).

Теоретический состав энаргита в %: Cu—48,42; As—19,02; S—32,56. Иногда содержит примесь Sb, Fe, Zn, а по данным спектральных анализов также Sn, Ge, Te, Ag, Pb, Bi, Au и др. Химические составы энаргитов из месторождений Армянской ССР приведены в табл. 78 (в %).

Данные рентгенометрического изучения энаргита из Каджаранского месторождения приводятся в табл. 79 по исследованиям Э. Х. Хуршудян в рентгеноструктурной лаборатории ИГН АН Армянской ССР.

В рудах месторождений Армянской ССР энаргит ассоциирует с пиритом (рис. 97), халькопиритом (рис. 98), теннантитом, люцонитом, реже с молибденитом, сфалеритом, галенитом, борнитом, ковеллином в среднетемпературных гидротермальных месторождениях медно-молибденовой (Каджаран, Дастакерт, Агарак и

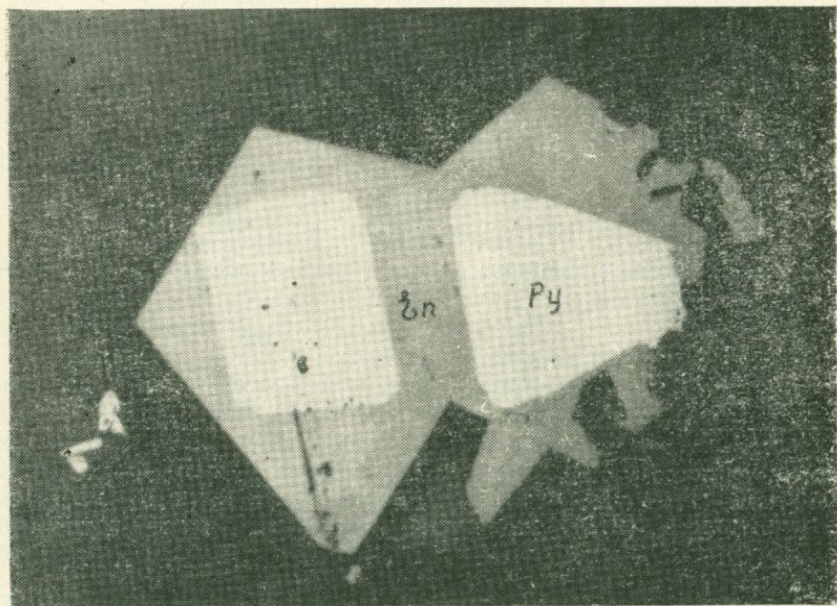


Рис. 97. Кристаллы энаргита (En) обволакивают выделения пирита (Py). Каджаранское месторождение. Аншлиф, $\times 240$. По К. А. Карамяну.

Межплоскостные расстояния энаргита из Каджаранского месторождения* (по
А. С. Фарамазяну и Э. Х. Хуршудян, 1963)

l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	hkl
2	4,74		
3	(3,57)	3,22	
2	(3,421)	3,088	
9	3,21		200; 120
8	3,084		0,02
8	2,850		201
1	(2,450)	2,22	
4	2,22		202
5	(2,048)	1,849	
3	(1,912)	1,726	
10	1,850		040; 320
1	(1,766)	1,585	
6	1,730		203; 123
7	1,590		042; 322
3	1,555		401
1	1,423		402
1	(1,396)	1,260	
1	(1,341)	1,211	
1	(1,321)	1,192	
4	(1,267)		403; 501
4	1,212		105; 061
3	1,189		442
2	1,150		205; 602
1	1,130		531
4	1,063		600
5	1,041		170; 071; 164
4	1,011		434; 362; 107
2	0,975		206; 405
4	0,925		460
3	0,897		046; 326
3	0,886		
3	0,882		406
6	0,816		620

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, $\text{Cu}_{\alpha\beta}$ —излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 5,5 ч.

др.), колчеданной (Кафан, Тандзут и др.), медно-мышьяковой (Мец-дзор, Аравус и др.) рудных формаций.

Практическое значение как руда на медь имеет на Кафанском месторождении; обычно энаргитовые руды содержат повышенные концентрации Au, Ag, Te, Ge, что поднимает их ценность.

Межплоскостные расстояния энаргита из Дастакертского месторождения*
(по К. А. Карамяну)

№№ линий п/п	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	№№ линий п/п	I	$d\alpha/n$	$d\beta/n$
1	4	(3,53)	3,20	21	8	1,585	1,436
2	9	3,20	2,90	22	2	1,559	1,408
3	4	(3,12)	2,83	23	2	1,536	1,393
4	4	3,06	2,77	24	1	1,445	1,310
5	7—8	2,94	2,66	25	3	1,419	1,286
6	9	2,83	2,57	26			
7	2ш	2,710	2,457	27	1	1,314	1,191
8	2	2,543	2,305	28	8	1,264	1,146
9	1ш	2,246	2,036	29	2	1,242	1,125
10	5	2,214	2,006	30	4	1,212	1,099
11	4	(2,043)	1,852	31	4	1,190	1,079
12	3	1,988	1,802	32	2	1,173	1,063
13	3	1,928	1,748	33	7	1,150	1,042
14	4	(1,902)	1,724	34	3	1,129	1,023
15	10	1,851	1,677	35	2	1,116	1,012
16	6	1,802	1,633	36	3	1,104	1,000
17	3	(1,745)	1,582	37	5	1,071	0,971
18	9	1,722	1,561	38	9ш	1,045	0,947
19	3	1,626	1,473	39	4ш	1,012	0,917
20	2	1,603	1,453				

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, $Fe_{\alpha\beta}$ —излучение. D—57,3; d —0,5, эксп. 10,5 ч.

Фаматинит— Cu_3SbS_4 . Установлен Н. С. Хачатряном и Б. Д. Акопян в рудах Аравусского месторождения в пирит-борнит-энаргитовой ассоциации в виде редких вытянутых выделений, тесно срастающихся с энаргитом и люцитом.

Эмплектит— $CuBiS_2$ (медно-висмутовый блеск), сингония ромбическая. Теоретический химический состав (в %): Cu—18,88 Bi—62,08, S—19,04. Довольно часто встречается в рудах медно-молибденовых месторождений и редко—в полиметаллических и медно-мышьяковых. Установлен в рудах следующих месторождений: Мец-дзорского, Шамлугского (И. Г. Магакян, 1944, 1947), Каджаранского, Дастакертского, Агаракского, Джиндаринского; Айгедзорского (Г. О. Пиджян), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Каялинского (В. О. Пароникян, 1962) и Меградзорского (Ш. О. Амирян, А. И. Карапетян, 1964).

В медно-молибденовых месторождениях эмплектит встречается в рудах кварц-халькопирит-молибденитовой и в особенности кварц-халькопиритовой и полиметаллической стадий минерализа-

ции. Очень тесно ассоциирует с висмутином, виттихенитом (рис. 99), купровисмутитом, выделяясь мельчайшими удлиненными, игольчатыми, неправильными формами и нередко в виде каемок в полях халькопирита, висмутита, борнита, теннантита, энар-

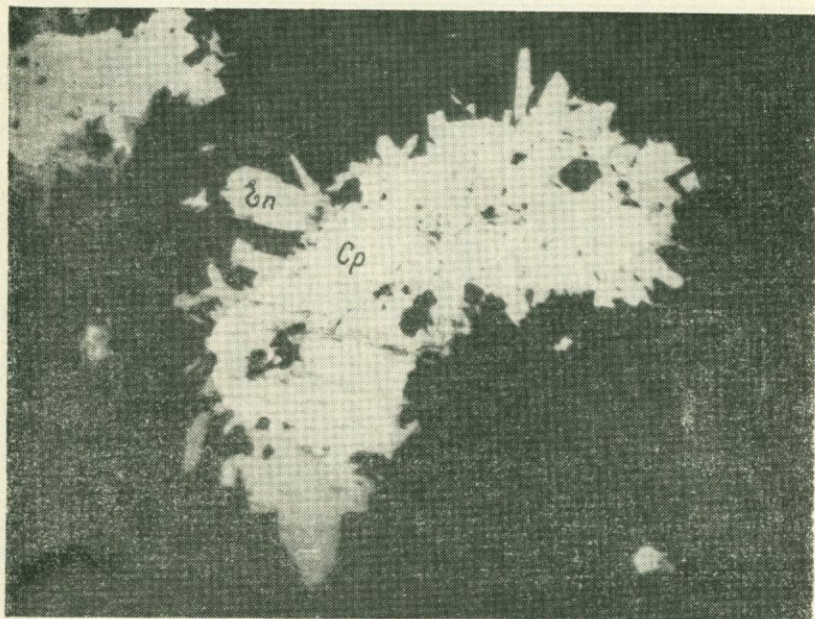


Рис. 98. Обрастание энаргитом (En) выделений халькопирита (Cp). Каджаранское месторождение. Аншлиф, $\times 120$, по К. А. Карамяну.

гита и реже галенита и сфалерита. На Анкаванском и Каджаранском месторождениях отмечаются ассоциации эмплектита с теллуридами висмута. При этом на Анкаване эмплектит вместе с виттихенитом образует концентрически-зональные выделения вокруг теллуровисмутита и тетрадимита.

На Каялинском полиметаллическом месторождении (участок Гегарчин) эмплектит тесно ассоциирует с виттихенитом, выделяясь в галените и реже образуя каемку вокруг козалита. На Мецдорском месторождении эмплектит выделяется в теннантите.

Эмплектит в отраженном свете характеризуется серовато-белым цветом с желтовато-кремовым оттенком. Отражательная способность выше, чем у теннантита, виттихенита и ниже халькопирита, висмутита, козалита, айкинита, составляя для эмплекти-

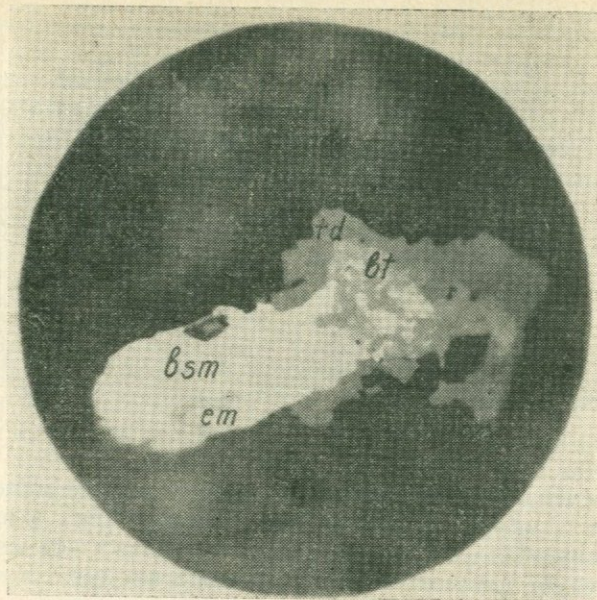


Рис. 99. Эмплектит (Em) с висмутиком (bsm), виттихенитом (bt) и блеклой рудой (td). Месторождение Каджаран. Аншлиф, х950. По А. С. Фарамазяну.

та из Дастакерта для оранжевых лучей 34—37%, а для зеленых лучей—до 41% (Г. О. Пиджян). Для эмплектита из Анкавана отмечается отражательная способность до 42% (А. И. Карапетян). Эффекты анизотропии в воздухе и в иммерсии четко наблюдаются иногда с нежными цветами от зеленоватого до серо-бледно-желтого. Двуотражение в воздухе слабое и отчетливо устанавливается в иммерсии. Рельеф эмплектита ниже халькопирита и очень близок к висмутину и виттихениту, твердость низкая. Полируется хорошо, внутренние рефлексy не наблюдаются. При действии разбавленной HNO_3 и царской водки быстро чернеет.

Микроспектральным анализом получены сильные линии висмута. Эмплектит относится к числу трудно диагностируемых минералов. Особенно трудно отличается от висмутина и сульфовисмутидов свинца и меди.

Эмплектит из Дастакертского месторождения был подтвержден рентгенометрическими исследованиями (Г. О. Пиджян) (табл. 81).

Межплоскостные расстояния эмплектита из Дастакертского месторождения*

1	d α /n	1	d α /n	1	d α /n
2	2,34	2	1,859	1	1,213
10	3,19	5	1,768	2	1,087
4	3,06	2	1,651	2	1,077
3	2,38	3	1,527	2	1,070
8	2,16	4	1,409	1	1,044
4	1,955	2	1,341	2	1,099

* Анализ выполнен в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС—55, Fe-Mn—излучение, D—57,3; d—0,3, эксп. 5 ч.

Эмплектит тесно ассоциирует с висмутовыми минералами и, в частности, с виттихенитом и висмутином. При флотации руд минерал концентрируется в медных и свинцовых концентратах, из которых следует попутно извлекать также висмут.

Купробисмутит (?)— CuBiS_2 (сульфовисмутит меди и висмута). Сингония моноклинная. Химическая формула точно не установлена, теоретический состав (в %): Cu—18,88, Bi—62,08, S—19,04. Предполагаемая формула $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot 4\text{Bi}_2\text{S}_3$ не соответствует рентгеновским данным.

Купробисмутит является очень редким минералом руд Армянской ССР, установлен предположительно в Айгедзорском, Джиндаринском (Г. О. Пиджян) и Зодском (Т. А. Твалчредидзе, 1959) месторождениях. В медно-молибденовых месторождениях встречается в виде столбчатых, призматических выделений в халькопирите размерами до 0,01—0,03 мм. В отраженном свете купробисмутит серовато-белый, почти белый, без желтовато-кремового оттенка. Отражательная способность выше, чем у виттихенита и эмплектита, но заметно ниже висмутина и халькопирита. Эффект анизотропии замечен в воздухе, двуотражение устанавливается только в иммерсии. Микроспектральным анализом в минерале установлены сильные линии висмута и меди.

Зелигманит— CuPbAsS_3 . Теоретический состав (в %): Pb—46,89; Cu—14,38; As—16,99; S—21,74. Ромбическая сингония. Цвет светло-серый, свинцово-серый до черного. С металлическим блеском, хрупкий. Твердость 3, уд. вес 5,48.

В отраженном свете белый с розовато-зеленым оттенком.

Сурьмяные сульфосоли по сравнению с зелигманитом зеленовато-желтовато-белые. Интенсивность отражения средняя, несколько выше теннантита и тетраэдрита, но ниже галенита. Коэффициент отражения—30—35%. Слабо двуотражает в розово-серых, светло-серых, грязно-серых тонах. В скрещенных николях имеет эффекты анизотропии в голубых, синих, зеленовато-синих тонах. Твердость низкая, как у галенита и теннантита. Микротвердость—151—205 кгс/мм².

От HNO₃ покрывается иризирующим налетом. Микроспектральные анализы минерала показали высокие содержания Си, Pb, As и низкие—Mg, Fe, Sb. Полуколичественными спектральными анализами в нем, кроме основных элементов, определены: As, Bi, Sn, Sb в количестве 0,02—0,05%. Результаты рентгенометрических измерений приведены в табл. 82. Они сходны с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

Зелигманит довольно часто встречающийся минерал в рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1974). Обычно совместно с доломитом заполняет друзовые полости кварца и сульфидов, замещая их. Образует тонковолокнистые агрегаты и волосовидные выделения с изометрическим сечением. Нередко является реакционным образованием между галенитом и теннантитом или же результатом взаимодействия галенита и мышьяковистых растворов. В таких случаях он образует каемки вокруг галенита или же проникает в поля галенита, замещая его.

Межплоскостные расстояния зелигманита*

Таблица 82

l	d _z /n	l	d _z /n	l	d _z /n	l	d _z /n
3	3,94	1	2,35	9	1,761	3	1,356
4—5	3,73	1	2,30	1—2	(1,716)	1	1,279
3	3,64	2	2,21	3	1,653	3	1,249
4	3,25	1	2,14	4	1,629	3	1,242
5	(2,97)	2	2,08	4ш	1,557	3	1,192
2	2,90	2	(2,017)	1	(1,527)	4	1,150
3	2,79	6	1,976	2	1,501	1	1,139
10	2,72	6	(1,943)	1	1,474	4	1,118
6	2,67	6	1,830	5	1,418	4—5	1,105
5	2,57	2	1,785	5	1,390	1	1,086
						1—2	1,082

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, Fe_{α3}—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 9 ч.

Бурнонит — PbCuSbS_3 . Ромбическая сингония. Теоретический состав (в %): Pb —42,54; Cu —13,04; Sb —24,65; S —19,77. Примеси As , Ag , Zn , Mn , иногда Fe . В сульфoантимонитовых рудах Азатекского месторождения впервые упоминается И. Магакьяном (1954), подтвержден спектрохимическими и рентгенометрическими исследованиями (Э. А. Сагателян, 1961; В. О. Пароникян, 1964). Дальнейшие исследования значительно расширили список месторождений и рудопоявлений, в которых присутствует бурнонит. Этот минерал был установлен во многих полиметаллических и реже медно-молибденовых месторождениях Памбак-Зангезурской структурной зоны и не был отмечен в медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических рудах Алаверди-Кафанской и свинцово-цинковых рудах Севано-Амасийской зоны.

Бурнонит отмечается в медно-молибденовых месторождениях Джиндара, Анкаван, Дастакерт (Г. О. Пиджян, 1975), Каджаран (А. С. Фарамазян, 1974), а также в рудах золото-теллуровой формации Зодского месторождения (Ш. О. Амирян, 1974). Бурнонит является типоморфным рудообразующим минералом для полиметаллических руд (В. О. Пароникян, 1964, 1980) Айюцдорского (Каялу, Гюмушхана, Газма, Чирахлу) и Сисианского (Аравус-Барцраванская зона) районов, в которых среднее относительное объемное его содержание, однако, не превышает 1% от суммы сульфидов.

В Зодском месторождении бурнонит встречается в двух парагенетических ассоциациях (Ш. О. Амирян, 1974)—полиметаллической (пирит, арсенопирит, сфалерит, халькопирит, блеклая руда) и антимонит-сульфоантимонитовой (антимонит, буланжерит, геокронит и цинкениит). Здесь бурнонит нередко встречается в мирмекитовидных прорастаниях с галенитом, буланжеритом и тетраэдритом.

В Каджаранском месторождении бурнонит приурочен к поздней—полиметаллической стадии минерализации и образует реакционные каемки между выделениями галенита и блеклой руды (А. С. Фарамазян, 1974); в качестве редкой примеси бурнонит присутствует также и в полиметаллических рудах Джиндаринского медно-молибденового месторождения. Наличие бурнонита отмечается также и в более ранних и относительно высокотемпературных продуктах кварц-халькопирит-молибденитовой стадии Дастакертского месторождения (Г. О. Пиджян, 1975), где он сопровождается блеклой рудой и медно-висмутовыми минералами.

В полиметаллических рудах Айюцдорского (Вайкского) рудного района бурнонит обычно в небольшом количестве, но посто-

янно присутствует почти во всех известных объектах. Парагенезис минералов в этом случае довольно стандартен—блеклая руда, галенит, иногда геокронит, буланжерит, арсенопирит, айкиннит и др. В жиле 26 Каялинского месторождения отмечается резкое сокращение количества бурнонита на вертикальном отрезке 50—100 м от верхнего горизонта к нижнему. Такая же картина наблюдается на участке Зивлих Гюмушханского полиметаллического месторождения, где бурнонит отмечается лишь в образцах руд из верхних горизонтов (гор. шт. 3 и 5). В полиметаллических рудах Газминского месторождения бурнонит был встречен в образцах жилы 5 участка Кореки-дзор, а также в рудах участка Казан-дурмаз. В полиметаллических рудах Сисианского района бурнонит встречается гораздо реже, чем в Айюцдзоре; некоторое возрастание его концентрации наблюдается в рудах участка Марджан Аравусского рудного поля.

Наряду с буланжеритом (но реже геокронита) бурнонит является главным рудообразующим минералом сульфоантимонитовых руд Азатекского месторождения (Левобережный и Правобережный участки). Среднее относительное объемное его содержание (от общей суммы сульфидов) здесь составляет 10% (по подсчетам в 46 полированных шлифах). В рудах Левобережного участка наблюдается возрастание количества бурнонита и тетраэдрита от верхних горизонтов к нижним за счет уменьшения концентрации буланжерита; эта же закономерность сохраняется и при переходе от экзоконтактовой части Каялинского интрузива (от Левобережного участка) к его центральным частям (Гегарчинский, Каялинский участки). В этой особенности распределения бурнонита в пространстве заключена информация относительно температурных условий формирования руд: в низкотемпературных образованиях этот минерал склонен концентрироваться в нижних, а в относительно более высокотемпературных образованиях—в верхних горизонтах рудных тел.

Наиболее детально был изучен бурнонит Азатекского месторождения, где он имеет наибольшее распространение. Нижеприведенные описания относятся, естественно, к этому объекту. Бурнонит образует ксеноморфные мелкозернистые агрегаты (размером до 1 мм в поперечных сечениях), часто в субграфических сростаниях с галенитом, геокронитом, буланжеритом, и тетраэдритом. В полированных шлифах часты двойные ассоциации: бурнонит—тетраэдрит, бурнонит-геокронит, бурнонит-буланжерит, бурнонит-галенит. Не менее характерны и тройные комбинации вышеупомянутых минералов. Наиболее часто встречается комбинация бурнонит-тетраэдрит-галенит или без галенита. Нередко

бурнонит образует мельчайшие эмульсиевидные включения в полях галенита или тетраэдрита, а сам он содержит примеси галенита, тетраэдрита, иногда буланжерита. Очень характерны реакционные каемки бурнонита вокруг зерен тетраэдрита (рис. 100)

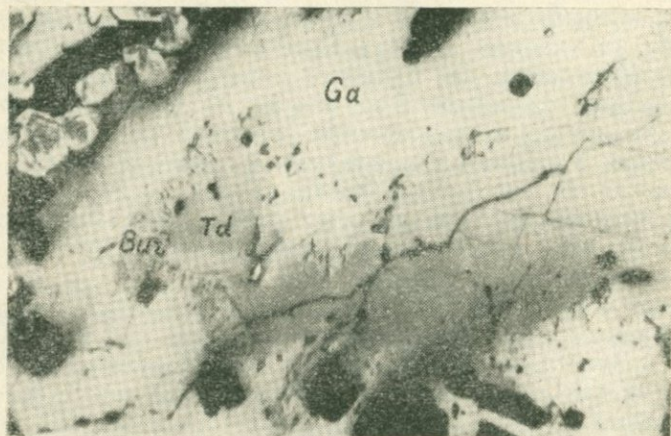


Рис. 100. Каемка бурнонита (Bur) вокруг зерна тетраэдрита (Td) на границе агрегата галенита (Ga), содержащего мелкие эмульсиевидные включения бурнонита. Месторождение Азатек. Аншлиф, х230. По В. О. Пароникяну.

в соседстве с галенитом. В этих случаях переход тетраэдрита к галениту иногда осуществляется через несколько промежуточных членов, как-то: тетраэдрит $\longrightarrow$ бурнонит $\longrightarrow$ геокронит $\longrightarrow$ буланжерит $\longrightarrow$ галенит, т. е. ближе к тетраэдриту располагается каемка богатого медью бурнонита, а ближе к галениту — богатого свинцом буланжерита.

Структурно-текстурные соотношения показывают, что бурнонит образуется раньше других сульфoантимонитов свинца вслед за тетраэдритом и галенитом в общей последовательности: тетраэдрит, галенит, бурнонит, геокронит, буланжерит. Указанная последовательность выделения сульфосолей объясняется (Г. О. Григорян, 1962) большей химической активностью меди в природных процессах по сравнению со свинцом.

Бурнонит полируется обычно хорошо, лучше, чем галенит, геокронит и буланжерит. Относительный рельеф немного выше, чем у галенита, геокронита и буланжерита, но заметно ниже, чем у тетраэдрита. Микротвердости бурнонита месторождений Азатек, Каялу, Газма и Гюмушхана сходны между собой с пределом ва-
230

риации 134—214 кгс/мм² и по 17 замерам в среднем составляет 180кгс/мм². По степени анизотропии твердости II рода минерал относится к умеренно анизотропным при значении коэффициента вариации $V=12,8\%$. Удельный вес Азатекского бурнонита, определенный методом измерения объема и веса из микронавески, составляет 5,72. Цвет в отраженном свете белый, рядом с галенитом оттенок сине-зеленый, сходен с блеклой рудой, но несколько более светлый. Отражательная способность бурнонита из вышеупомянутых месторождений варьирует в пределах 33—35% и в среднем по 6 замерам для оранжевых лучей составляет 33,9%. Визуально R бурнонита немного выше, чем у тетраэдрита, но ниже, чем у геокронита, заметно ниже галенита и буланжерита. Дисперсия отражательной способности бурнонита (см. табл. 43) характеризуется максимумом в синей и фиолетовой частях спектра.

Двуотражение бурнонита обычно слабое, в редких случаях отчетливое в сине-зеленовато-серых и коричневатых-серых тонах. Слабо, иногда умеренно анизотропный с цветным эффектом: желтовато-серый и темно-серый. В масле двуотражение и анизотропия немного усиливаются, но все же остаются слабыми. Внутренняя структура мономинеральных агрегатов гипидиоморфнозернистая, реже аллотриоморфнозернистая. Полисинтетические двойники отмечаются почти во всех выделениях (рис. 101); иногда они располагаются в двух направлениях (паркетовидные).

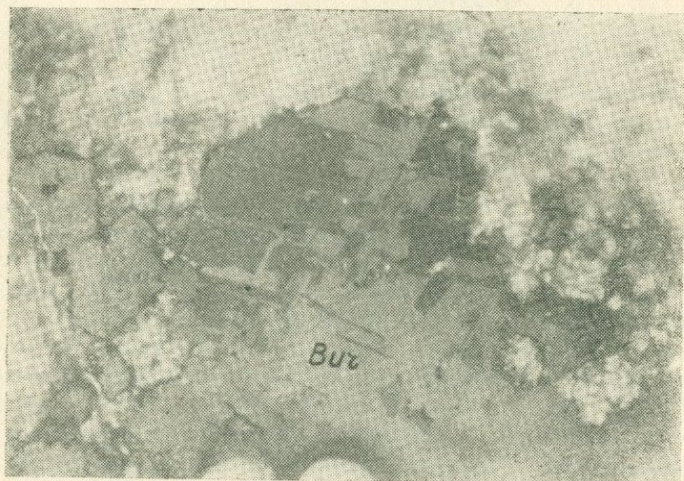


Рис. 101. Бурнонит (Bur) в двойникованных кристаллах, протравленных в парах царской водки. Месторождение Азатек. Аншлиф, $\times 100$. По Ш. О. Амирану.

Спектральные анализы отобранных под микроскопом трех проб бурнонита из Азатекского месторождения показывают наличие (в %): As—2—3, Zn—0,1—2,5, Ag—0,01—0,045, Cd—до 0,03; Bi—0,003—0,02. В двух концентратах бурнонита того же месторождения (отобранных под бинокулярным микроскопом) установлены (в %): As—0,22; Ag—0,25; Zn—2,3; Au—0,0005; Hg—0,0004 и Sn—0,0001, т. е. бурнонит, наряду с другими сульфоантимонитами является концентратом Ag, Bi и Au.

Таблица 83

Межплоскостные расстояния бурнонита*			
А з а т е к		К а я л у	
Обр. 857 Порошок		Обр. 1/1081 ^k Порошок	
l	d _z n	l	d _α /n
		3	4,84
3	4,54	3	4,34
3	4,09	3	4,12
6	4,84	10	3,87
3	3,69	4	3,65
2	3,24	5	3,26
4	2,983	6	2,97
3	2,907		
5	2,815		
10	2,734	10	2,73
8	2,684		
6	2,588	5	2,58
3	2,374	2	2,37
2	2,311		
2	2,238	2	2,23
		2	2,16
4	2,112	2	2,09
6	1,985	7	1,978
5	1,948	7	1,938
8	1,847	6	1,845
9	1,768	9	1,762
		2	1,721
5	1,661	5	1,661
4	1,630	6	1,631
5	1,555	6	1,553
2	1,505		
3	1,483	2	1,483
6	1,424	6	1,424
5	1,391	3	1,385

* Анализы выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 6—8 ч.

Рентгенометрическим исследованиям подвергнуты две пробы бурнонита из Азатекского и Каялинского месторождений, методом порошка, а также шарика с резиновым клеем. Межплоскостные расстояния (по В. О. Пароникяну) получены сходными между собой и таковыми эталона (Минералы, т. I, 1960) (табл. 83).

В рудных месторождениях различных генетических типов бурнонит среди сульфоантимонитов занимает по распространенности одно из первых мест. Он присутствует как в высокотемпературных (в том числе докембрийских сильно метаморфизованных), так, и, особенно часто, в средне-низкотемпературных и эпиптермальных минеральных парагенезисах. Бурнонит отмечается в высокотемпературных месторождениях арсенопирита (Болиден, Швеция), свинца и цинка (Брокен-Хилл, Австралия), а также в колчеданной (Сулительма, Норвегия) формациях руд. Ассоциирующими сульфоантимонитами являются джемсонит, гудмундит и буланжерит в сочетании с арсенопиритом, кубанитом, сульфидами и арсенидами Fe, Co, станнином, молибденитом и др. Бурнонит является характерным компонентом для руд ряда среднетемпературных свинцово-цинковых месторождений Восточного Забайкалья, Средней Азии и Рудного Алтая; в эпиптермальных месторождениях Боливии и Аргентины бурнонит ассоциирует с минералами серебра—аргентитом, пираргиритом, дискразитом, иногда шапбахитом и андоритом.

Практического значения бурнонит в рудах Армянской ССР не имеет.

Айкинит— $PbCuBiS_3$. Сингония ромбическая. Теоретический состав (в %): Cu—11,03; Pb—35,99; Bi—36,29; S—16,7. Примеси—Au, Fe, Ni, Te, Ag, Sb. Айкинит является типичным и довольно часто встречающимся минералом полиметаллических руд Памбак-Зангезурской зоны; был установлен (В. О. Пароникян, 1962, 1980) в рудах месторождений Айоцдзора (Газма, Каялу, Гюмушхана), Сисиана (Барцраван, Татна) и южного Зангезура (Пхрут, Личквас-Тей). В медно-молибденовых рудах Каджаранского месторождения айкинит отмечается совместно с галеновисмутитом в халькопирите (А. С. Фарамазян, 1974) (рис. 102).

В полиметаллических рудах айкинит встречается почти во всех парагенетических ассоциациях—кварц-пиритовой (Пхрут), пирит-халькопиритовой, иногда с молибденитом (Газма, Каялу, Гюмушхана, Личквас-Тей) и собственно полиметаллической (почти все вышеперечисленные объекты). Наибольшая концентрация айкинита, согласно количественным минералогическим

исследованиям, приурочена к пирит-халькопиритовым ассоциациям Гюмушханы, Личквас Тея и Газмы (В. О. Пароникян, 1980).

В полиметаллической ассоциации Айюцзорского рудного района айкинит более характерен для относительно высокотемпературных руд Каялинского месторождения (рис. 103); в других случаях (Газма, Гюмушхана) этот минерал тяготеет к рудам более ранней—пирит-халькопиритовой стадии и чаще всего был встречен на нижних горизонтах рудных тел.

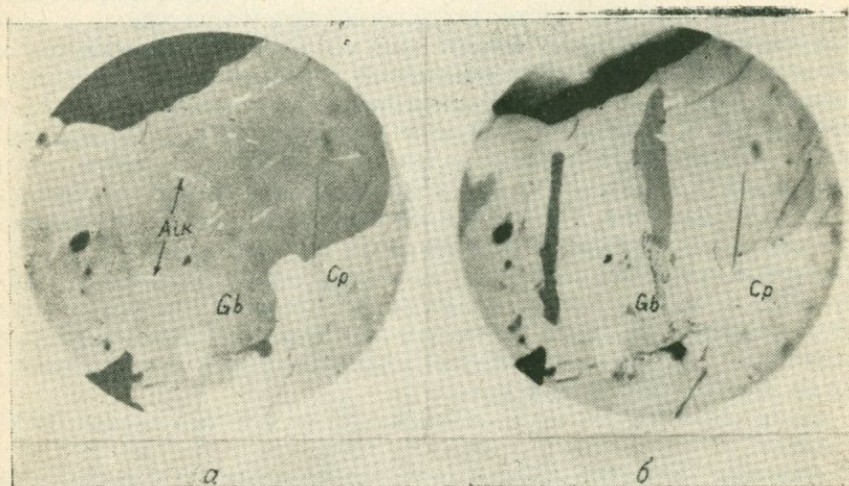


Рис. 102. Игольчатые выделения айкинита (Aik) в галенобисмутите (Gb), замещающего халькопирит (Cp), а—без анализатора; б—николи скрещены. Месторождение Каджаран. Аншлиф, х915. По А. С. Фарамазяну.

В рудах вышеупомянутых месторождений айкинит тесно ассоциирует с халькопиритом, блеклой рудой (рис. 104), галенитом иногда с арсенопиритом, эмплектитом, виттихенитом, козалитом и теллуrowисмутитом. Появление айкинита в любой парагенетической ассоциации сопровождается возрастанием частоты встречаемости частиц самородного золота.

В полиметаллических рудах Сисианского района айкинит встречается гораздо реже. Включения айкинита размером до 0,15 мм в поперечных сечениях отлагались в полях галенита, сфалерита и блеклой руды. В Личквас-Тейском месторождении айкинит (вместе с козалитом и эмплектитом) чаще всего встречается

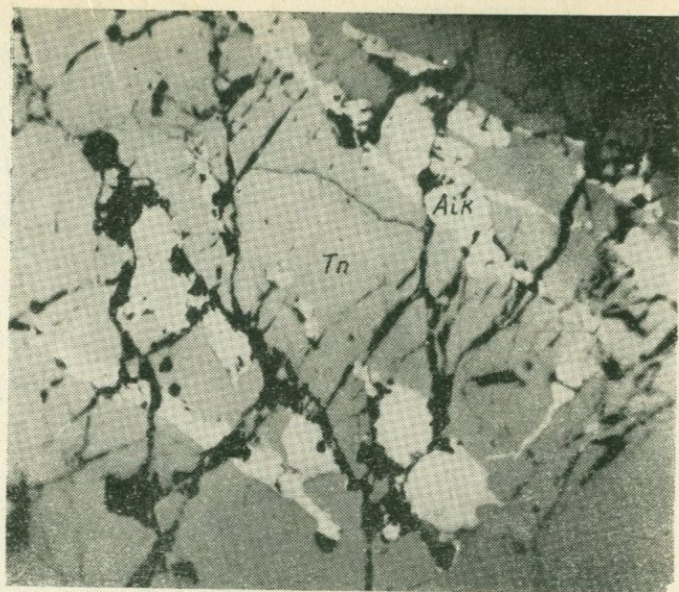


Рис. 103. Тонкие прожилки и выделения айкинита (Aik) в теннантите (Tn).
Месторождение Каялу. Аншлиф, $\times 180$. По В. О. Пароникяну.

в образованиях пирит-халькопиритовой стадии, где в отдельных случаях он составляет до 2,5% площади полированного шлифа. В рудах собственно полиметаллической стадии этого месторождения айкинит (с величиною зерен до 0,3 мм) в сростании с козали-том и блеклой рудой отмечался лишь в нескольких образцах.

Айкинит почти полностью отсутствует в рудах колчеданной (Алаверди-Кафанской зоны) и свинцово-цинковой (Севано-Амассийская зона) формаций. Несколько зерен этого минерала размером до 0,15 мм были встречены лишь в медно-цинковых рудах Тандрлинского рудопроявления (Шамшадинский рудный район), где айкинит ассоциирует с пиритом, халькопиритом и сфалеритом.

Айкинит образует аллотриоморфнозернистые агрегаты, иногда пластинчатые и игольчатые выделения, приурочиваясь чаще всего к полям галенита, блеклой руды и халькопирита; иногда в виде микропрожилков пересекает блеклую руду или же располагается на пограничных участках сульфидных минералов. Мономинеральные прожилки айкинита (с редкой примесью халькопирит-

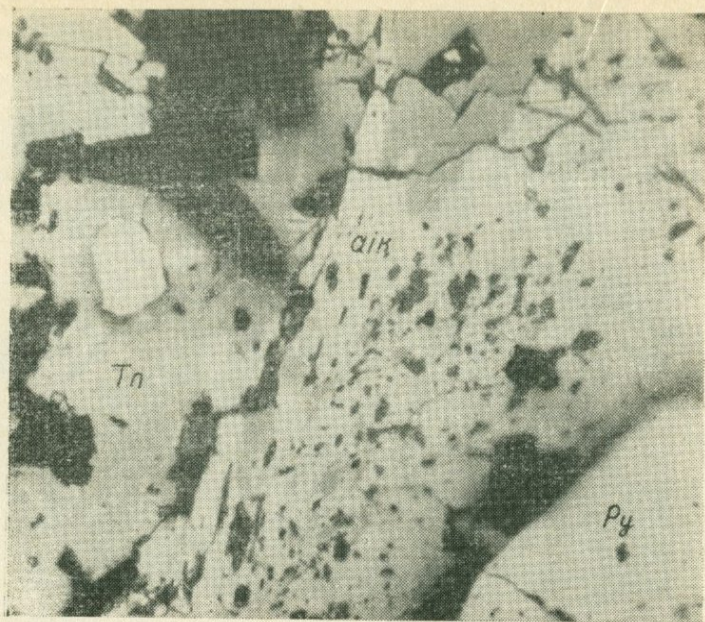


Рис. 104. Замещение айкинитом (Аик) теннантита (Тп) возле границы с зерном пирита (Ру). Месторождение Гюмушхана. Аншлиф, $\times 160$. По В. О. Пароникяну.

та) мощностью до 2 см отмечаются на Зивлихском участке Гюмушханского месторождения.

Айкинит полируется хорошо, лучше, чем галенит. Относительный рельеф заметно выше, чем у галенита и немного ниже, чем у халькопирита. Микротвердость варьирует в пределах $140\text{—}175\text{ кгс/мм}^2$ и в среднем по 8 измерениям составляет 157 кгс/мм^2 . Цвет в отраженном свете кремово-белый; кремовый оттенок лучше проявляется в соседстве с галенитом. Двуотражение, в зависимости от сечений агрегатов, от слабого до умеренного, хорошо заметно на границе отдельных индивидов; в масле усиливается, с цветным эффектом: светлое положение—кремово-белый, темное—серо-белый с коричневым оттенком. В скрещенных николях минерал сильно анизотропный. Отражательная способность при оранжевом светофильтре в среднем по нескольким измерениям составляет 43,5%. Дисперсия отражательной способности характеризуется максимумом в зеленой части спектра (см. табл. 43).

Внутренняя структура мономинерального агрегата—мозаичная, местами отмечаются тонко-пластинчатые или удлиненные индивиды без признаков двойникования.

Количественным спектральным анализом в одной пробе айкинита из Гюмушханского месторождения установлены примеси (в %): Ag—5,0; Fe—2,0; Zn—0,45; Mn—1,5; As, Au—0,3; Te—0,15; Cd—0,025 и Ni—0,0003. В трех нечистых пробах айкинита из Личквас-Тейского месторождения присутствуют: Ag—0,08—0,1%; Sb—0,1—1,5%; Te до 0,08%.

Межплоскостные расстояния айкинита из месторождений Газ-ма, Каялу, Гюмушхана (табл. 84, 85) совпадают с данными эталона.

Айкинит в целом относится к числу редко встречающихся минералов. П. Р. Рамдор (1962) относит его к сравнительно высоко-

Таблица 84

Межплоскостные расстояния айкинита Тейского месторождения*

№№ линий п/п	1	d α /n	№№ линий п/п	1	d α /n
1	2	4,02	22	6	1,583
2	1	3,73	23	5	1,512
3	9	3,56	24	5	1,471
4	2	3,37	25	4	1,430
5	10	3,12	26	6	1,402
6	5	2,91	27	6	1,373
7	5	2,83	28	1	1,325
8	3	2,66	29	2	1,305
9	5	2,54	30	1	1,272
10	4	2,48	31	3	1,210
11	2	2,33	32	3	1,186
12	3	2,229	33	3	1,166
13	4	2,133	34	2	1,147
14	8	2,011	35	1	1,126
15	2	1,930	36	2	1,076
16	4	1,845	37	2	1,056
17	1	1,794	38	1	1,041
18	3	1,753	39	2	1,012
19	2	1,701	40	2	1,002
20	1	1,656	41	2	0,985
21	1	1,618	42	2	0,968
			43	1	0,954

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Н. В. Ревазовой. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,3, эксп. 12 ч.

Межплоскостные расстояния айкинита из месторождений Айондзорского рудного района*

Газма		Каялу		Гюмушхана			
обр. 1109 ^a		обр. 1080 ^a		обр. 1094		обр. 1096	
l	d α /n	l	d α /n	l	d α /n	l	d α /n
3	4,02	5	4,16	—	—	3	3,99
1	3,78	—	—	7	3,88	—	—
10	3,61	10	3,66	8—9	3,596	8	3,66
10	3,19	10	3,22	10	3,146	10	3,16
—	—	2	2,98	—	—	3	2,98
9	2,84	8	2,89	8	2,841	10	2,85
—	—	—	—	1	(2,742)	1	2,77
9	2,69	4	2,72	4	2,674	2	2,66
3	2,60	4	2,60	3	2,584	2	2,58
3	2,50	1	2,52	4	2,495	2	2,49
1	2,37	2	2,38	3	2,354	1	(2,35)
3	2,26	2	2,30	3	2,271	2	2,26
3	2,15	3	2,18	4	2,152	—	—
3	2,10	3	2,11	—	—	3	2,11
—	—	3	2,01	5	2,02	9	2,01
10	1,982	3	1,961	6	1,973	2	1,976
3	1,937	—	—	6	1,943	—	—
3	1,887	—	—	2	1,883	—	—
—	—	—	—	1	1,805	—	—
2	1,760	2	1,78	6	1,754	1	1,773
4	1,641	—	—	—	—	1	1,653
1	1,592	—	—	—	—	—	—
—	—	1	1,578	5	1,586	1	1,569
4	1,526	3	1,535	4	1,520	—	—
4	1,485	1	1,480	1	1,486	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
2	1,452	—	—	1	1,451	—	—
1	1,406	4	1,410	4	1,402	—	—
2	1,365	1	1,370	3	1,372	—	—
—	—	—	—	1	1,361	—	—
2	1,332	2	1,337	2	1,326	1	1,313
—	—	—	—	3	1,300	—	—
—	—	—	—	3	1,269	1	1,271
—	—	—	—	—	—	3	1,160

* Анализы выполнены в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС—55, Fe $_{\alpha\beta}$ —излучение. D—57,3; резиновые шарики, экс. 3 ч.

температурным образованиям, что подтверждается и на примере рудных месторождений Малого Кавказа. Впервые айкиннит, в ассоциации с пиритом, блеклой рудой, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, висмутином и вольфрамитом был установлен в Березовском золоторудном месторождении (Урал). В дальнейшем его присутствие отмечалось в волластонитовых скарнах Карагайлинского месторождения (КазССР), вольфрамитовых месторождениях Алтая и Бурятской АССР и др. пунктах.

Минералы висмута в целом не характерны для колчеданосных эвгеосинклинальных зон и провинций с базальтоидным магматизмом, в то время как они становятся типичными компонентами руд регионов с коровым (гранитным, калиевым) магматизмом, в которых широко представлено оруденение олова, вольфрама и молибдена (Средняя Азия, Восточное Забайкалье, миеосинклинальные зоны Кордильер и Анд).

Бертьерит— FeSb_2S_4 , ромбическая сингония. Цвет темно-стально-серый. Твердость 2—3, уд. вес 4,64. Хрупкий, с металлическим блеском, часто с пестрой побежалостью.

В отраженном свете белый с серовато-коричневым оттенком, что хорошо наблюдается в сростках с антимонитом и буланжеритом. Двуотражение отчетливое. Анизотропия сильная.

Эффекты анизотропии более яркие, чем у антимонита и проявляются в светло-серовато-синих, серовато-белых, коричневых, розовато-коричневых тонах. Интенсивность отражения ниже, чем у антимонита. Коэффициент отражения по R_g составляет 40—45,9%, по R_p —30—32%. Микротвердость составляет 150—190 кгс/мм², в среднем—171 кгс/мм². (при нагрузке 20 г). Полируется хорошо. Твердость несколько выше твердости антимонита. Внутренние рефлексy не наблюдаются. Спайность отсутствует. Травится от КОН—слабый коричневый налет, NaOH—действует аналогично, но быстрее.

В минерале локальными спектральными анализами установлены высокие концентрации Fe, Sb, низкие—Pb, Te, Au, Ag, As.

Бертьерит впервые в Армянской ССР установлен в рудах Зодского золоторудного месторождения (Амирян Ш. О., 1974), где он ассоциирует с антимонитом, буланжеритом, гудмундитом, пиритом, арсенопиритом, теллуридами, самородным золотом и самородной сурьмой. Агрегаты бертьерита окружаются и рассекаются агрегатами антимонита. Тесные сростки он образует с буланжеритом, зелигманитом, цинкениом и самородной сурьмой.

Бертьерит образует пучкообразные, игольчатые и волокнистые агрегаты. Встречаются также стебельчатые кристаллы, располо-

женные между выделениями арсенопирита. В полях бертьерита, вдоль удлиненных зерен наблюдаются включения самородной сурьмы и нередко теллуридов золота (по-видимому, переотложенные).

Практического значения в рудах Армянской ССР не имеет.

Джемсонит — $Pb_4FeSb_6S_{14}$. Теоретический состав (в %): Pb—40,16; Fe—2,71; Sb—35,39 и S—21,74. Моноклинная сингония. Образует призматические, шестоватые, игольчатые выделения и спутанно-волокнистые, перистые, радиально-лучистые агрегаты. Самостоятельные выделения со штриховкой параллельно (001). Тв. 2,3; уд. вес 5,63. Спайность по (001) хорошая. Непрозрачный, со светлым металлическим блеском. Цвет белый с голубовато-сероватым оттенком.

В отраженном свете джемсонит характеризуется белым цветом, более светлый, чем цинкениит, несколько зеленовато-серый по сравнению с галенитом. Интенсивность отражения несколько ниже галенита. Коэффициент отражения для зеленых лучей составляет 39%. Двухотражение отчетливое, но слабее антимонита, в светло-зеленовато-желтых и темно-серовато-зеленоватых оттенках. Эффекты анизотропии сильные как в воздухе, так и в иммерсии в зеленовато-голубоватых, зеленовато-серых, зеленовато-желтовато-серых тонах. Спайность наблюдается параллельно удлинению зерен. Относительный рельеф заметно ниже, чем у галенита. Твердость по микровдавливанию равна 95—125 кгс/мм².

От HNO_3 становится коричневым, а затем—черным. После удаления капли остается блестящий нестирающийся налет. От царской водки кипит, чернеет. От KOH , в отличие от антимонита, травится медленнее. Структурное травление происходит от HNO_3 .

В отраженном свете джемсонит очень сходен с антимонитом, буланжеритом, бурнонитом, галенитом, геокронитом и другими сульфосолями сурьмы. Однако от антимонита отличается более слабым двухотражением и слабыми цветными эффектами двухотражения и анизотропии. Геокронит характеризуется округлыми формами зерен и двойниковым строением. Буланжерит отличается другими оттенками двухотражения и несколько более низкой интенсивностью отражения. Бурнониту характерны низкая отражательная способность и паркетобразное двойниковое строение.

Локальными микроспектральными анализами в минерале установлены: Pb, Sb, Fe (сильные линии), As, Cu, Ag, Bi (слабые линии).

В рентгенограмме смеси буланжерита, цинкениита и джемсо-

нита установлены следующие сильные линии джемсонита: (10) 3,40; (9) 2,75; (7) 2,13; (8) 1,97; (8) 1,921; (5) 1,710; (5) 1,648; (4) 1,452; (3) 1,341.

Джемсонит—редкий минерал в рудах Армянской ССР. Установлен (Ш. О. Амирян, 1974) в рудах антимонитовой стадии минерализации Зодского месторождения, в тех участках рудных тел, где антимонитовые руды наложены на полиметаллические. Джемсонит тесные сростки образует с галенитом, цинкени́том, геокронитом и другими минералами. При этом, при замещении галенита сульфосоли сурьмы и свинца образуют такой зональный ряд: буланжерит, джемсонит, цинкени́т, с уменьшением содержания свинца в минералах ряда.

Джемсонит образует игольчатые, волокнистые, спутанно-волокнистые и игольчато-зернистые выделения и агрегаты. Размер агрегатов составляет до 0,3—0,5 см, а самостоятельных выделений—0,01—0,1 мм. Джемсонитсодержащие руды характеризуются сложным минеральным составом. В составе таких руд участвуют пирит, сфалерит, арсенопирит, халькопирит, галенит, самородное золото, самородная сурьма, бертьерит, геокронит и другие, где отчетливо видна наложенность сульфосолей на сульфиды. Нередко в промежутках удлинённых и спутанных зерен и агрегатов сульфосолей наблюдаются новообразования золота и теллуридов, что повышает ценность таких руд.

Галенобисмутит — PbBi_2S_4 (свинцово-висмутовый блеск). Ромбическая сингония. Теоретический химический состав (в %): Pb—27,50, Bi—55,48, S—17,02. В виде примесей в небольших количествах содержит Sb и Se, замещающие изоморфно соответственно Bi и S. Иногда содержит Au и Ag.

Галенобисмутит в рудах Армении является редким минералом. Достоверно установлен в медно-молибденовой формации руд на месторождениях Дастакерт (Г. О. Пиджян), Каджаран (А. С. Фарамазян), а также Азатек (Ш. О. Амирян, А. Г. Акопян, 1969). Предположительно отмечается в рудах Кафанского месторождения в халькопирите и пирите (Р. Н. Зарьян, 1962).

В медно-молибденовых месторождениях галенобисмутит встречается в рудах кварц-молибденит-халькопиритовой и кварц-халькопиритовой стадий минерализации в виде мельчайших выделений неправильной и игольчатой формы с размерами 0,002 до 0,01 мм в ассоциации с халькопиритом, галенитом и висмутином. Границы, разделяющие галенобисмутит и халькопирит, ровные и прямые, что говорит об одновременном выделении этих минералов с образованием тонкодисперсных структур распада твердых

растворов. В полях галенобисмутита (рис. 105), отмечаются тонкие игольчатые выделения айкинита (А. С. Фарамазян).

В отраженном свете галенобисмутит белый, напоминает по цвету и отражательной способности галенит, однако отчетливо анизотропен со слабым цветным эффектом от желтовато-коричневого до голубовато-серого. Двухотражение в иммерсии отчетливое. Микрохимической реакцией в минерале обнаружены Bi и Pb , а микроспектральный анализ показал сильные линии Bi и Pb . Галенобисмутит в рудах Армении практического интереса не представляет.

Борнит— Cu_5FeS_4 . Известны две модификации: 1) ромбическая сингония и 2) кубическая сингония.

Минерал хрупкий, твердость 3, уд. вес 4,9—5,3, цвет в свежем изломе темный медно-красный, блеск полуметаллический. В полированном шлифе розовато-коричневый, R для оранжевых лучей 19%, изотропен, иногда очень слабо анизотропен и двухотражает. Теоретический состав из расчета формулы Cu_5FeS_4 : Cu —63,33, Fe —11,12, S —25,55 (в %). Примеси, Ag , Bi , In , Ga , Pb , Sb . As иногда Ge .

В полированных шлифах от HNO_3 вскипает, легко травится KCN , иногда FeCl_3 .

Относится к числу распространенных минералов месторождений медно-молибденовой, медноколчеданной и колчеданно-полиметаллической формаций. Наиболее значительные скопления минерала установлены в рудах Кафанского месторождения (Комсомольский рудник), затем идут Алавердское, Ахталское, Шамлугское, Джиндаринское, Дастакертское, Каджаранское, Анкаванское, Мазмазакское и др. месторождения. Сравнительно небольшие скопления борнита известны также в рудах Азатекского, Агаракского, Аравусского, Меградзорского, Варденисского и др. месторождений.

Образование гипогенного борнита в большинстве случаев происходит в средних и поздних стадиях минерализации (пирит-халькопиритовая, медноколчеданная, медно-мышьяковая, полиметаллическая) и связано с циркуляцией богатых медью гидротермальных растворов. В небольшом количестве борнит образуется также в рудах ранних стадий минерализации, что позволяет заключить о широком температурном диапазоне образования его.

Характерна ассоциация борнита с пиритом, халькопиритом, халькозином, теннантитом, энаргитом, молибденитом. С ними связаны также микроскопические включения германита, реньерита (Кафан, Ахтала, Дастакерт, Анкаван, Варденис, Аравус), эмплек-

тита, виттихенита, висмутина, теллуровисмутита, петцита, гессита, самородного золота, самородного серебра, штрмейерита и других минералов. В месторождениях различных формаций и даже в различных месторождениях одних и тех же формаций набор ассоциирующих с борнитом минералов существенно меняется. В зависимости от этого содержания элементов-примесей, устанавливаемых в борните, существенно разные (табл. 86). Наиболее значительны колебания содержаний благородных элементов, а также германия и висмута. Но различия содержаний элементов-примесей в борните обусловлены не только механическими при-

Таблица 86

Содержания некоторых элементов-примесей в борните из различных месторождений Армянской ССР (по данным А. И. Карапетяна, А. С. Фарамазяна, Г. О. Пиджяна, Э. А. Хачатуряна и др.)*

Месторождения	Содержание в г/т							
	Se	Te	Bi	Ag	Au	Ge	Ga	Pd
Каджаран	240	75	2000	500	7,3	3,0	—	—
Дастакерт	140	90	417	216	20	4,1	—	0,15
Анкаван	230	300	300	300	200	20	6,5	—
Джиндара	470	—	150	510	12,6	2,2	—	—
Азатек	45	50	1600	500	10	—	—	—
Кафан	136	95	65	200	3,1	6,5	—	—
Ахтала	150	60	—	3000	100	300	30	—
Алаверди	—	—	—	2000	7,8	10	—	—

* Ag, Au—данные пробирного анализа; Se, Te, Ge, Ga, Pd—химические анализы, Bi—спектральный полуколичественный анализ.

месями (микровключениями) других минералов, образующих обычно тесные сростания с борнитом (рис. 105), но и вхождением в состав самого борнита, который согласно микроскопическим исследованиям характеризуется значительно отличающимися оптическими свойствами. Последнее обстоятельство согласно данным рентгенометрического анализа обусловлено тем, что изученные борниты содержат дополнительно CuFeS_2 и Cu_2S в виде нераспавшихся высокотемпературных твердых растворов (П. Рамдор,

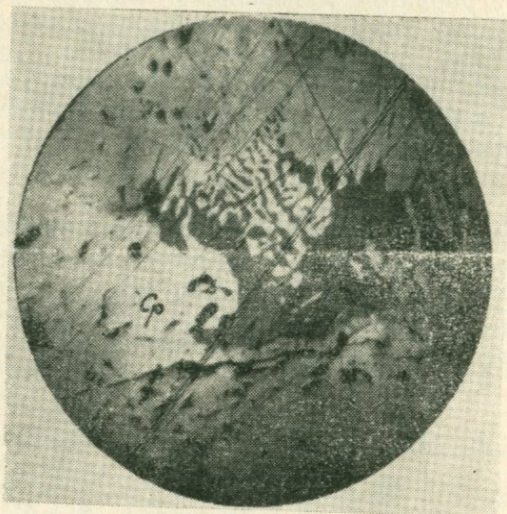


Рис. 105. Субграфическое замещение борнита (Bo) халькопиритом (Cp). Месторождение Агарах. Аншлиф, х300. По И. Г. Магакяну.

По данным К. А. Карамяна в борните Дастакертского месторождения пробирным анализом установлено Au 45,9 г/т и Ag 409,1 г/т, а в борните Каджаранского месторождения Au 13 г/т и Ag 8,4 г/т.

Среди установленных в составе борнита элементов-примесей определенный интерес представляет германий. Богатые им разновидности в литературе нередко рассматривались как оранж-борнит или идаит. По своим оптическим свойствам идаит идентичен с так называемым оранж-борнитом, который А. Д. Каленов и др. (1963) предлагали назвать германийсодержащим борнитом. В рудах Армянской ССР оранжево-коричневый борнит в свежееотполированных шлифах встречается во многих месторождениях; но ни в одном из них не обладал хотя бы отчетливо заметной анизотропией, поэтому кажется, что сильно анизотропные, богатые германием оранжево-коричневые минералы правильнее назвать не оранж-борнитом, а германийсодержащим идаитом, в котором так



Рис. 106. Решетчатая структура распада халькопирита (Cp) в борните (Bo).
Месторождение Анкаван. Аншлиф, x440. По Г. О. Пиджяну.

Таблица 87

Результаты химических анализов борнитов из различных месторождений
Зангезура

Месторож- дение	Cu	Fe	Pb	S	Bi	Se	Te	Ge	Сумма
Дастакерт	61,5	13,62	0,10	25,28	0,376	0,011	0,011	0,00012	100,98
—	62,0	12,50	0,10	25,50	0,136	0,018	0,310	0,00011	100,18
Джиндара	63,0	11,90	—	25,10	—	0,024	0,0014	—	100,0254
Каджаран	61,0	14,40	—	26,00	0,010	—	—	—	101,41

Автор—К. А. Карамян

же, как и в борните, часть катионов двухвалентного железа заме-
щена германием.

В рудах Кафанского медноколчеданного месторождения,
кроме зернистых агрегатов, борнит образует округлые скопления.

(колломорфный) которые, по сравнению с кристаллическим борнитом характеризуются большими колебаниями содержаний слагающих его основных компонентов (Cu, Fe). Различия состава характерны также для ранней и поздней генераций борнита из Ахтальского, Анкаванского, Каджаранского, Джиндаринского месторождений. Как правило, наиболее ранние генерации его более стерильны, а образования более поздних (низкотемпературных) стадий, наоборот, обогащены серебром (до 0,3%), германием (до 0,1%), кадмием (до 0,03%), висмутом (до 0,3%).

В зонах окисления многих медно-молибденовых и колчеданных месторождений небольшим развитием пользуется гипергенный борнит, который ассоциирует с халькозином, купритом, малахитом и др. гипергенными минералами меди.

Гипогенный борнит является одним из источников получения меди из руд месторождений Кафан, Алавердской группы, Каджарана, Агарака, Дастакерта и др., где он развит довольно широко.

Идаит — CuFeS_6 . Установлен впервые в рудах Аравусского медно-мышьякового месторождения (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян) в сростании с борнитом в виде изометричных (рис. 107) и



Рис. 107. Выделения идаита (Vd) в борните (Bo). Месторождение Аравус. Аншлиф, $\times 120$. По Н. С. Хачатряну и Б. Д. Акопян.

удлиненных выделений размером до 0,3 мм. Цвет в аншлифах светло-розовый с оранжево-желтым оттенком, анизотропен, сильно двуотражает, цветные эффекты анизотропии в светло-зеленых, зеленых, синих, красных и желтоватых тонах.

Кермезит — $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$. Теоретический состав (в %): Sb—75,24; S—19,82 и O—4,94; моноклинная сингония. Образует волокна и призмы, часто радиально-лучистые агрегаты. Спайность совершенная по (001), слабая по (100). Твердость 1,5, уд. вес 4,68. Блеск алмазный, частично полуметаллический. Цвет вишнево-красный.

Под микроскопом характеризуется низкой интенсивностью отражения. Интенсивность отражения ниже, чем у блеклой руды, антимонита, за счет которого он образуется, но выше, чем у сфалерита. В иммерсии интенсивность отражения сильно понижается. Двуотражение четкое: по направлению удлинения светлее, а в перпендикулярном—темный с серовато-коричневым, оливковым оттенком. Анизотропия сильная с яркими цветными эффектами в фиолетовых, красно-фиолетовых, сине-зеленых тонах. Внутренние рефлексы темно-красные с фиолетовым оттенком. Полируется хорошо. Заметна спайность.

Травится от HNO_3 —слабое коричневое окрашивание, от KCN—буреет, от KOH—появление побежалости.

Кермезит установлен в рудах верхних горизонтов Зодского, Азатекского месторождений (Амирян Ш. О., 1974), где он развивается по антимониту. Кермезит ассоциирует с валентинитом, сервантитом, сенармонтитом. Все эти минералы образуются за счет антимонита. Сначала образуется кермезит, а затем валентинит, сервантит и сенармонтит. Нахождение кермезита в ассоциации первичных (антимонит) и вторичных минералов указывает на переходные условия его образования, когда только начинаются процессы окисления. С углублением процесса окисления образуются окислы сурьмы. Отсутствие кермезита в зоне первичных руд подтверждает гипергенное его происхождение.

Ялпайт — Ag_3CuS_2 . Псевдокубический. Теоретический состав: Ag—71,73%, Cu—14,06%, S—14,21%. Установлен в борнит-теннантитовых рудах Ахтальского месторождения (В. О. Пароникян, 1962) в ассоциации со штромейеритом (рис. 108), акантитом, самородным серебром, электрумом. Встречается в виде тонкопластинчатых и неправильной формы выделений с величиной зерен обычно 0,008—0,01 мм. В просмотренных шлифах ялпайт иногда обволакивает акантит или же располагается в периферических частях крупных выделений штромейерита. В отраженном свете рассматриваемый минерал похож на акантит, отличается от

него лучшей полировкой и немного более высоким относительным рельефом. Отражательная способность для оранжевых лучей составляет 29%. Двуотражение в зависимости от сечений агрегатов меняется от слабого до умеренного. Умеренно-сильно анизотропный. Внутренние рефлексы отсутствуют. Внутренняя структура мономинерального агрегата—аллотриоморфно-зернистая. Микротвердость ахталского ялпанта равна 73 кг/мм² и значительно выше таковой штроемeyerита и аргентита.

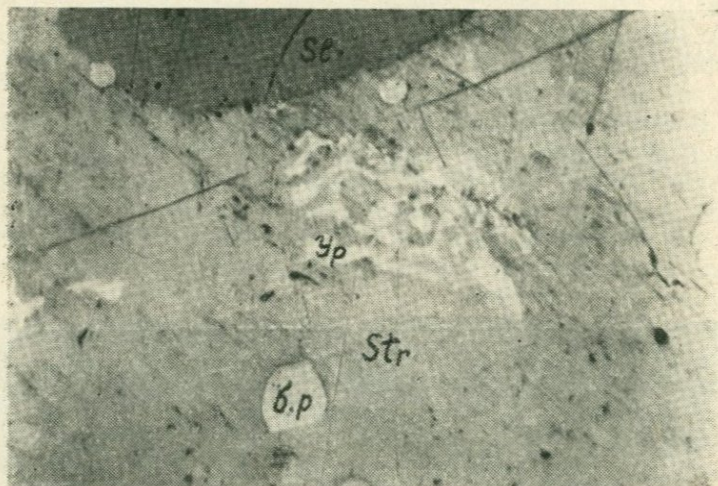


Рис. 108. Субграфическое срастание ялпанта (Yp) со штроемeyerитом (Str). Здесь же тетраэдрит (б.р) и сфалерит (Sl). Месторождение Ахтала. Анишлиф, х320. По В. О. Пароникяну.

Ялпant в СССР был впервые установлен в рудах Зменногогорского месторождения (Рудный Алтай), где ассоциация минералов близка тождественна ахталским рудам. В руднике Аурора (Монтана) ялпant рассматривается как гипергенный минерал; ассоциирует с халькозином и церусситом (П. Рамдор, 1962).

Полибазит-пирсеит— $(Ag,Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ и $(Ag,Cu)_{16}As_2S_{11}$. Моноклинная сингония.

Теоретический состав при $Ag:Cu=10:1$. а) полибазита—Cu—3—10%; Ag—69,47%; Sb—10,82%; S—15,61%; примеси: Fe до 0,41%; Zn—до 0,34%; Pb—до 2,41%; Bi—до 0,80%. Сурьма может замещаться мышьяком, установленным в количестве 0,5—3,74%; б) пирсеит: Cu—4,29%; Ag—72,49%; As—6,92%;

S—16,30 %. Примеси (в%): Fe—до 1,05; Zn—до 2,81; As замещается Sb до 0,43 (Минералы, т. I, 1960).

По П. Рамдору (1962) эти два минерала-гомолога под микроскопом трудно отличить друг от друга (аналогично теннантиту и тетраэдриту). Отмечен в борнит-теннантитовых рудах Ахтальского месторождения (В. О. Пароникян, 1962) в тесном сростании со стефанитом, самородным серебром, блеклой рудой и штромейеритом. Величина отдельных выделений доходит до 0,01 мм в поперечном сечении. Мелкие выделения пирсеита в полиметаллических рудах Каджарана и Аткиза установлены в ассоциации с галенитом, тетраэдритом и самородным серебром (Г. О. Пиджян, 1975).

Полируется плохо. Относительный рельеф ниже, чем у стефанита, примерно равен штромейериту. Микротвердость Ахтальского полибазита-пирсеита—64 кгс/мм². Цвет в отраженном свете белый с нежно-зеленоватым оттенком. Отражательная способность заметно ниже, чем у галенита. Двухотражение слабое, усиливается в масле; заметно анизотропный. Внутренние рефлексy не наблюдались.

Известны находки полибазита-пирсеита как гипогенного, так и гипергенного происхождения (П. Рамдор, 1962). Они наряду с аргентитом, дискразитом, стефанитом, штромейеритом приурочены к низкотемпературным стадиям, завершающим рудные процессы. Пункты местонахождения те же, что и у миаргирита, пираргирита и др. минералов серебра.

Стефанит —Ag₅SbS₄. Сингония ромбическая. Теоретический состав (в %): Ag—68,33, Sb—15,42, S—16,25. Установлен в борнитовых рудах Ахтальского (рис. 109) и в составе сульфoантимонитовой стадии минерализации (ассоциация—стефанит, бурнонит, блеклая руда и галенит) Азатекского месторождения (В. О. Пароникян, 1962). Наличие стефанита отмечено и в полиметаллических рудах Гюмушханского месторождения (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян).

В рудах Ахтальского месторождения стефанит наблюдается редко и в форме удлинённых, оваловидных и каплевидных выделений (размером до 0,1—0,2 мм в длину) в блеклой руде или же вокруг него в полях штромейерита образует тонкие каемки (рис. 110). Полируется плохо. Относительный рельеф ниже, чем у халькопирита, немного выше галенита и заметно выше штромейерита. Микротвердость ахтальского стефанита варьирует в пределах 98—138 кгс/мм² и в среднем по 4 измерениям составляет 114 кгс/мм². Цвет минерала в отраженном свете серо-белый с нежно-розовым оттенком. Отражательная способность для оран-

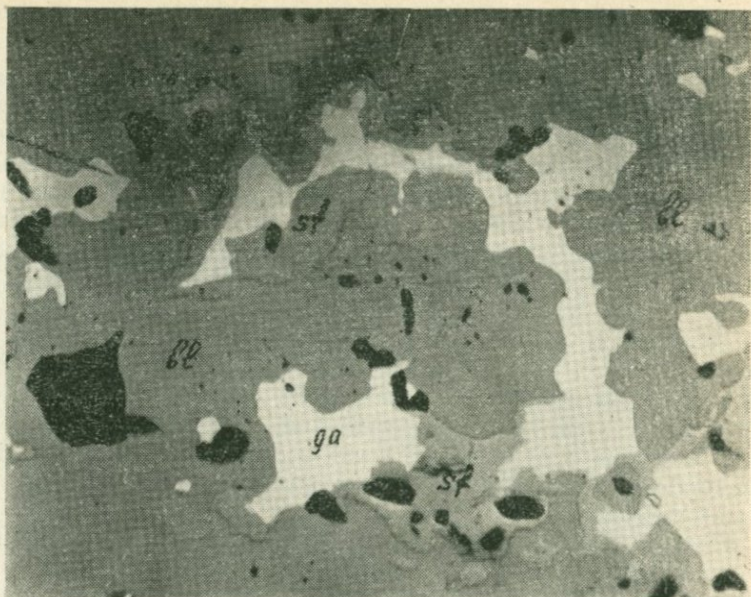


Рис. 109. Оторочки стеганита (Sf) вокруг выделений галенита (Ga), заключенных в поле блеклой руды (bl). Месторождение Ахтала. Аншлиф, $\times 160$. По В. О. Пароникяну.

жевых лучей по 4 измерениям составляет 31%. Дисперсия отражательной способности характеризуется максимумом в фиолетовой части спектра (см. табл. 43). Двухотражение в воздухе слабое, заметно усиливается в масле, с цветным эффектом: светло-серый и серый с нежно-розовым оттенком. Умеренно анизотропный в темно-серо-белых и темно-фиолетово-розовых тонах при диагональном положении зерен. Микроспектральные анализы, проведенные на выделениях стеганита из Ахтальского месторождения, показали интенсивные линии серебра и сурьмы.

Стеганит среди сульфoантимонитов серебра является одним из наиболее распространенных минералов.

Представляет интерес в комплексе с другими минералами серебра в рудах Ахталы, Азатека и др.

Виттихенит — Cu_3BiS_3 (медно-висмутовая руда). Сингония ромбическая. Теоретический химический состав: Cu—38,46%, Bi—

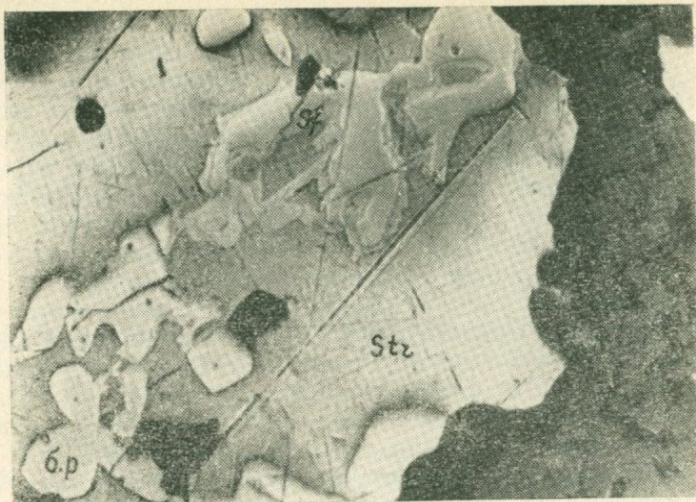


Рис. 110. Каемки стефанита (Sf) вокруг зерен блеклой руды (bl) в полях штрουμεйерита (Str). Месторождение Ахтала. Аншлиф, $\times 160$. По В. О. Парониану.

42,15%, S—19,39%. В виде примесей содержит As, Sb, Ag, Zn, Co.

Виттихенит является распространенным минералом в медно-молибденовых месторождениях и сравнительно реже встречается в полиметаллических и серноколчеданных рудах. Установлен в рудах следующих месторождений: Каджаранского (З. В. Рупасова), Дастакертского, Шамлугского (И. Г. Магакян, 1947), Джиндаринского (К. А. Карамян), Тандзутского (Э. А. Хачатурян, 1956), Агарацкого и Айгедзорского (Г. О. Пиджян), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Каялинского (В. О. Парониан, 1962), Меградзорского (Ш. О. Амирян, А. И. Карапетян, 1964) и Личкваского (Ш. О. Амирян, 1966).

В медно-молибденовых месторождениях виттихенит встречается в рудах кварц-халькопирит-молибденитовой и в особенности кварц-халькопиритовой и медно-мышьяковой стадий минерализации. Тесно ассоциирует с халькопиритом, висмутином, эмплектитом, теннантитом, борнитом и представлен в виде неправильных выделений, большей частью окаймляющих и замещающих висмутин, эмплектит, халькопирит, борнит и теннантит. На Анкаванском месторождении в рудах медно-мышьяковой стадии минерализации виттихенит наблюдается в борните, халькопирите, халь-

козине, энаргите, теннантите в тесной ассоциации с теллуридами и самородным золотом. На Шамлугском месторождении встречается в ассоциации с борнитом, галенитом, сфалеритом, теннантитом и самородным золотом. В рудах Каялинского месторождения (участок Гегарчин) наблюдается в галените в тесной ассоциации с эмплектитом, а иногда образует каемку вокруг козалинта на границе зерен теннантита и халькопирита. В последнем случае отмечается следующий закономерный переход: козалинт-айкинит-эмплектит-виттихенит и далее халькопирит или теннантит (В. О. Пароникян, 1962). На Тандзутском месторождении виттихенит наблюдается в ассоциации с пиритом и халькопиритом.

В отраженном свете—серовато-белый с отчетливым коричневым оттенком. Отражательная способность по сравнению с теннантитом несколько выше. Измерение отражательной способности виттихенита из Дастакертского месторождения на установке с фотоумножителем показало следующие значения в процентах: для зеленых лучей 33, оранжевых—29 и красных—27 (Г. О. Пиджян). Эффекты анизотропии при скрещенных николях в воздухе и в иммерсии ясно заметны. Для виттихенита из Анкавана отмечается слабый цветной эффект в фиолетово-серых и серовато-коричневых тонах. Двухотражение слабое и заметное лишь в иммерсии. Рельеф ниже халькопирита. Микротвердость 180—195 кгс/мм². Полируется хорошо. Внутренние рефлексы отсутствуют. При действии конц. HNO₃ буреет, другие стандартные реактивы не действуют. Микроспектральным анализом получены сильные линии висмута.

Виттихенит из Дастакертского (Г. О. Пиджян) и Анкаванского (А. И. Карапетян) месторождений подтвержден рентгенометрическим анализом (табл. 88).

В связи с тем, что виттихенит тесно ассоциирует в рудах Дастакертского месторождения с халькопиритом и развит в его полях в дебаеграмме отмечаются линии халькопирита слабой интенсивности.

Сопоставление межплоскостных расстояний виттихенита из Дастакертского месторождения с эталоном виттихенита из месторождения Виттихен, Баден (В. И. Михеев, 1957) показало только частичное совпадение. Рентгенометрические данные виттихенита из Дастакерта близки к дебаеграмме виттихенита по Нуффилду: (4) 4,54, (8) 3,07, (10) 2,84, (4) 2,65 (П. Рамдор, 1962).

Виттихенит тесно связан с минералами висмута, меди и свинца. При флотации руд концентрируется в медных и свинцовых концентратах, из которых следует попутно извлекать также висмут.

Межплоскостные расстояния виттихенита из Дастакертского месторождения*

l	da/n	l	da/n	l	da/n
1	3,90	1	2,40	5	1,599
4	3,37	2	2,06	2	1,069
1	3,20	2	2,01		
10	3,05	8	1,859		
4	2,87	7	1,778		
3	2,66	2	1,692		

* Анализ выполнен в минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Условия съемки: УРС—55, Fe-Mn—излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 5 ч.

Буланжерит — $Pb_5Sb_4S_{11}$. Сингония моноклиная. Теоретический состав: Pb—55,42%; Sb—25,69%; S—18,89%. Примеси—Cu, Fe, Zn, Hg, Ag, иногда Sn.

Буланжерит в рудах Гюмушханского месторождения впервые упоминается В. Н. Котляром. В сульфoантимонитовых рудах Азатекского месторождения буланжерит описан многократно: И. Г. Магакьяном (1954), Г. О. Григоряном (1955), Э. А. Сагате-ляном (1961) и др.

Буланжерит был установлен также в полиметаллических рудах Газминского и Каялинского (В. О. Пароникян, 1964) месторождений Айонцдорского рудного района. В Зодском золоторудном месторождении буланжерит является характерным компонентом руд сульфoантимонитовой стадии (Ш. О. Амирян, 1974) и встречен в ассоциации с антимонитом, бурнонитом, арсенипиритом, пиритом и галенитом. Нижеприведенное описание буланжерита основано на исследовании этого минерала из руд Айонцдорского (Вайкского) рудного района.

В полиметаллических рудах буланжерит встречается редко. Небольшие его примеси отмечаются в шт. 3-а Гегарчинского участка (Азатекское рудное поле), где он цементирует раздробленные зерна пирита, а также в сростании с галенитом на участке Казан-дурмаз Газминского месторождения.

Наибольшим развитием пользуется буланжерит в сульфoантимонитовых рудах Азатекского месторождения, где он является в то же время одним из главных рудообразующих минералов. Относительное объемное его содержание (от общей суммы сульфидов) здесь составляет 11,6%. Если учесть частоту встречаемости

сульфоантимонитов, то в последовательном ряду бурнонит, геокронит, буланжерит последний более интенсивно проявляется в низкотемпературных ассоциациях, или же флангах и верхних горизонтах рудных тел.

В некоторых пунктах Азатекского месторождения (шт. 3, 4, 5) подсечены кварцевые жилы с буланжеритом (рис. 111) и при небольших содержаниях остальных сульфoантимонитов в других случаях отмечаются различные сочетания сульфосолей и сульфидов, чаще всего буланжерит-геокронит, буланжерит-галенит, редко—буланжерит-бурнонит, буланжерит-тетраэдрит.

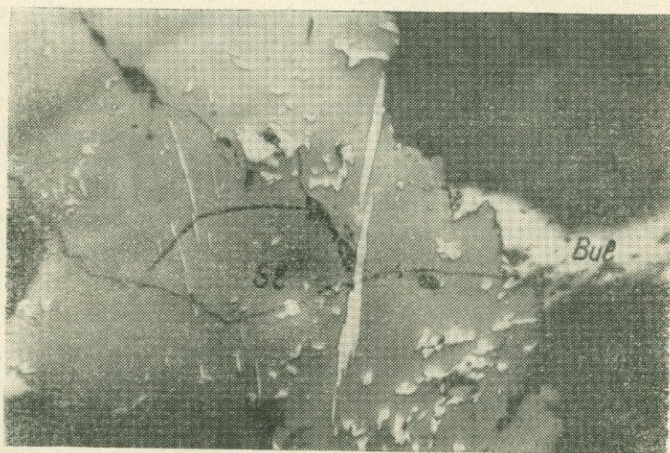


Рис. 111. Игольчатые и ксеноморфные выделения буланжерита (Bu) в сфалерите (Sl). Здесь же кварц (q). Месторождение Азатек. Аншлиф, $\times 100$. По В. О. Пароникяну.

В рудах Азатекского месторождения буланжерит образует сплошные, дендритовидные, ксеноморфные массы. В то же время очень характерны для него расходящиеся лучистые, игольчатые, таблитчатые агрегаты, иногда также тонкопластинчатые, спутанно-волокнистые (рис. 112) и листоватые выделения. В жеодовых пустотах буланжерит нередко образует тонкие игольчатые кристаллы длиной до 1—1,5 мм. В сульфoантимонитовой ассоциации буланжерит чаще всего присутствует в богатых галенитом парагенезисах, приурочиваясь к полям последнего. В сфалерите образует иногда густую вкрапленность эмульсиевидных, игольчатых и тонкопластинчатых зерен.



Рис. 112. Спутанно-волоконистый агрегат буланжерита (Bul) среди кварца (q). Месторождение Зод. Аншлиф. $\times 100$. По Ш. О. Амиряну.

В Зангезурском рудном районе буланжерит впервые установлен М. П. Исаенко в кварц-сфалерит-галенитовых рудах Мазмазакского участка Аравусского месторождения, где буланжерит в ассоциации с бурнонитом образует каемки вокруг галенита.

Буланжерит в зависимости от величины зерен и парагенезиса минералов полируется чаще всего хуже галенита. Относительный рельеф минерала немного выше, чем у галенита, но ниже, чем у геокронита и бурнонита. Микротвердость варьирует 114—121 кг/мм² и по 4 определениям в среднем составляет 116 кг/мм². Цвет в отраженном свете белый, рядом с галенитом обладает нежным зеленоватым оттенком. Отражательная способность для оранжевых лучей составляет 36,4%; визуально немного ниже, чем у галенита, но выше, чем у геокронита. Двуотражение буланжерита от слабого до умеренного с цветным эффектом в светло-белых и зеленовато-белых тонах. Двуотражение этого минерала выражено гораздо сильнее, чем у бурнонита и геокронита, но слабее, чем у антимонита. Отчетливо, иногда сильно анизотропный с цветным эффектом при диагональном расположении пластинчатых индивидов: кремово-желтовато-белый, грязно-коричневый, иногда также синевато-зеленый.

Спектральный анализ одной чисто отобранной под микроскопом пробы (при незначительной навеске—10 мг) из Азатекского месторождения показывает наличие примесей: As—0,3%, Zn—0,03%, Cu, Ag—0,01%, Cd—0,003% и др. элементов (см. табл. 89). В 7 пробах концентратов буланжерита того же месторождения, отобранных под бинокулярным микроскопом, установлены следующие средние содержания элементов (в %): Ag—0,35, Cu, As—1,4, Zn—1,35, Bi—0,019, Cd—0,007, Ti—0,0043, Mn—0,0025, Au—0,0006, Hg, Ni—0,00043 и Mo—0,0003, Ge—0,0002. Как видно, буланжерит Азатекского месторождения является концентратом ценных элементов-примесей, в том числе Au и Bi, Cd.

Результаты рентгенометрических исследований буланжеритов из Азатекского (В. О. Пароникян) и Зодского (Ш. О. Амирян) месторождений приведены в табл. 90. Межплоскостные расстояния изученных образцов сходны с таковыми буланжерита из месторождения Сулливан (Британская Колумбия, Канада).

Буланжерит в рудных месторождениях является довольно распространенным минералом, но редко образует промышленные концентрации. По частоте встречаемости он стоит после бурнонита, но впереди геокронита.

Буланжерит установлен в рудных месторождениях всех температурных уровней, начиная от высокотемпературных и кончая низкотемпературными, однако более крупные его концентрации связаны со средне-низкотемпературными ассоциациями минералов.

В высокотемпературных рудах буланжерит наиболее часто ассоциирует с бурнонитом, гудмундитом, джемсонитом, реже—с плагионитом и геокронитом. В различных сочетаниях в ассоциации с буланжеритом наблюдаются также галенит, сфалерит, халькопирит, пирит, пирротин, станнин, касситерит, молибденит, сульфиды висмута, арсениды и антимониты железа и никеля (сульфидно-скарновые докембрийские, метаморфизованные руды месторождений Болиден, Сала и Швеции; свинцово-цинковые метаморфизованные высокотемпературные месторождения Брокен-Хилл в Австралии, Сулливан в Британской Колумбии).

Буланжерит является характерным минералом для ряда сурьмяно-свинцовых и серебряно-оловянно-висмутовых месторождений Боливии. В средне-низкотемпературных образованиях буланжерит оказывается часто единственным сульфоантимонитом свинца; в этом случае наиболее обычными спутниками его являются блеклая руда, пирит, галенит и сфалерит. Роль сульфоантимонитов железа—гудмундита (FeSbS) и джемсонита ($\text{Pb}_4\text{FeSb}_6\text{S}_{11}$) в этом случае, в отличие от высокотемпературных руд, резко падает. Характерными спутниками буланжерита в эпитермальных

Таблица 89

Химический состав сульфоантимонитов Азатекского месторождения*

Название минерала	№№ проб	Навеска в мг	С о д е р ж а н и е э л е м е н т о в в %															
			Cu	As	Ag	Bi	Zn	Cd	Tl	Al	Mo	Mg	Ca	Fe	Mn	Co	Ti	Cr
Бурнонит	857 ^a	22	>10	>3,0	0,045	0,02	2,5	0,02	—	0,045	—	0,2	0,65	0,065	0,02	—	0,01	0,025
—, —	1/909	16	>10	3,0	0,08	0,0065	2,5	0,03	—	0,01	—	0,015	0,3	0,45	0,02	0,001	0,03	0,045
—, —	977	14	>10	2,0	0,01	0,003	0,1	—	—	0,003	—	0,01	1,0	0,02	0,015	0,001	0,0045	0,003
Геокронит	857 ^d	18	0,03	2,0	0,03	0,065	0,1	0,008	0,002	0,003	—	0,0045	0,02	0,01	0,001	—	0,0025	0,0045
—, —	941	8	0,02	2,0	0,025	0,0065	8,0	0,03	0,001	0,15	0,02	0,03	0,15	1,0	0,02	—	0,01	0,3
Буланжерит	1/817 ^e	10	0,01	0,3	0,01	0,02	0,03	0,003	—	0,01	—	0,01	0,065	0,02	0,002	—	0,003	0,03

* Приближенно-количественные анализы выполнены в спектральной лаборатории ИГН АН АрмССР.

Межплоскостные расстояния буланжерита из различных месторождений
Армянской ССР*

Азатек		Зод	
Обр. 912			
l	d α /n	l	d α /n
		3	3,89
10	3,806	10	3,72
		1	3,35
		1	3,18
6	3,07	8	3,0
10	2,817	9	2,81
		1	2,71
4	2,392	3 _ш	2,36
		3	2,34
2	2,177	2	2,15
7	2,037	5	2,02
3	1,93	1	1,93
7	1,879	6	1,867
5	1,775	5	1,765
		3	1,731

* Анализ буланжерита из Азатека выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 6 ч.

Анализ буланжерита из Зода выполнен в ЦНИГРИ. Условия съемки: УРС—70, Cu-Ni—излучение. D—57,3; d—0,4, эксп. 5 ч.

месторождениях южноамериканских Анд являются также серебряные минералы—пираргирит, стефанит, канфилдит и др.

В рудных провинциях особенности распространения буланжерита те же, что и бурнонита и геокронита, т. е. этот минерал характерен для миогеосинклинального типа рудных провинций с коровым (гранитным) источником оруденения и почти не встречается в базальтоидных эвгеосинклинальных колчедановых провинциях.

Буланжерит представляет некоторую промышленную ценность в рудах Азатекского месторождения.

Семсейит—Pb₉Sb₈S₂₁. Теоретический состав (в %): Pb—53,10; Sb—27,73 и S—19,17. Моноклинная сингония. Образует таблитчатые и призматические выделения и зернистые агрегаты,

главным образом сферические агрегаты и корки на галените. Спайность по (112) совершенная. Хрупкий, непрозрачный, со светлым серовато-черным цветом и металлическим блеском. Тв. 2,5; уд. вес 6,08.

В отраженном свете семсейит характеризуется белым цветом со слабым зеленоватым оттенком. Среди сульфосолей сурьмы отличается высокой интенсивностью отражения. При Rg она равна R галенита и отличается от него слегка желто-зеленым оттенком и двуотражением. Двуотражение заметно по границам зерен. В иммерсии оно усиливается. Отчетливо анизотропный— в светло-серых, голубовато-серых, коричневых, темно-серых тонах. Твердость низкая, по микровдавливанию она равна 151 кгс/мм². Рельеф ниже, чем рельеф галенита.

От HNO₃ быстро появляется иризирующий налет, затем быстрое почернение. От HCl возникает слабое коричневое окрашивание, пары дают легкий налет. Не действуют: KCN, KOH, FeCl₃.

Спектральным и микроспектральным анализом в минерале установлены целые проценты свинца и сурьмы, десятые доли процента—мышьяка, железа, серебра и тысячные доли процента—висмута, золота и теллура.

В рентгенограмме семсейита из Азатекского месторождения получены следующие сильные линии: (6) 3,85; (8) 3,35; (8) 3,30; (8) 2,97; (10) 2,81; (10) 2,70; (4) 2,15; (4) 1,937 (Э. А. Сагателян, 1961).

В Армянской ССР семсейит установлен в рудах Азатекского (Э. А. Сагателян, 1961), Гегарчинского и Софи-бинского (Ш. О. Амирян, А. Г. Акопян, 1963) месторождений. Семсейит представлен тонкозернистыми агрегатами размером 0,01—0,1 мм, в тесных сростках с бурнонитом, буланжеритом, галенитом, тетраэдритом и другими минералами антимонитовых и сульфоантимонитовых руд. Обычно семсейит развивается по галениту и в таких случаях непосредственный контакт с галенитом занимает семсейит, а затем следуют бурнонит или геокронит и плагионит.

Структурно-текстурные, минералого-геохимические особенности руд и геологические условия формирования отмеченных выше месторождений указывают на средне-низкотемпературные условия образования семсейита и сопутствующих сульфосолей меди, свинца, сурьмы, мышьяка и свинца из богатых сурьмой растворов.

Ограниченное практическое значение как источник Pb и Sb семсейит имеет в пределах Азатекского рудного поля.

Цинкениит—Pb₆Sb₁₄S₂₇. Теоретический состав (в %): Pb—32,60; Sb—44,70; S—22,70. Гексагональная сингония. Образует лучистые агрегаты и зернистые массы. Спайность наблюдается в одном направлении. Цвет стально-серый с металлическим

блеском, часто с пестрой побежалостью. Твердость 3, уд. вес. 5,3.

В отраженном свете цинкениит характеризуется беловато-серым цветом (буланжерит и джемсонит более светлые), умеренной интенсивностью отражения. Коэффициент отражения для желтых лучей составляет 37,2%, красных—34,2%, синих—39,3%. С заметным двуотражением. Эффекты анизотропии четкие, особенно в лучистых агрегатах и в перпендикулярных удлинению сечениях. Угасание прямое. Спайность наблюдается редко. Твердость низкая, она по микровдавливанию составляет 135—187 кгс/мм². Минерал анизотропный по твердости.

Локальными микроспектральными анализами в минерале определены: Pb, Sb (основа), Bi, As, Ag. Травится от HNO₃—чернеет, от KOH—черное окрашивание, от FeCl₃—слабый налет.

Получена рентгенограмма (табл. 91), сходная с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

Цинкениит—редкий минерал. Установлен в рудах Зодского, Гегарчинского (Ш. О. Амирян, 1963, 1974) и Азатекского (Г. О. Григорян, 1962) месторождений. Во всех случаях цинкениит является членом сульфoантимонитовой ассоциации. На Зодском месторождении в качестве реакционного образования наблюдается также в полиметаллических рудах.

Таблица 91

Межплоскостные расстояния цинкениита*

Гегарчинское место- рождение		Зодское месторождение* (по П. С. Бернштейну и др., 1968, ЦНИГРИ)					
I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
10	3,40	1	3,95	1	2,31	1	(1,616)
9	2,75	1	(3,79)	8	2,26	1	1,575
7	2,13	10	3,42	5	2,15	2	1,531
8	1,97	1	(3,35)	2	2,07	4	1,456
8	1,821	6	3,12	5	1,977	2	1,394
5	1,710	3	2,96	2	1,893	4	1,339
5	1,648	1	2,80	5	1,825	2	1,234
4	1,452	1	2,68	2	1,780	1	1,124
3	1,341	1	2,60	3	1,717	1	1,029
		1	(2,40)	3	1,660		

* Анализ цинкениита из Гегарчинского месторождения выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55. Cu-Ni—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 6 ч.

Цинкениит образует лучистые агрегаты столбчатых, призматических кристаллов размером 0,01—1 мм. В сростках с галенитом занимает периферические части каевок около буланжерита, джемсонита, плагионита и геокронита в зависимости от содержания в них свинца.

Плагионит— $\text{Pb}_5\text{Sb}_3\text{S}_{17}$. Впервые установлен Ш. О. Амиряном и Г. А. Туняном в 1971 г. в рудах Тейского месторождения в кварц-сфалерит-галенитовой ассоциации. Минерал рядом с галенитом имеет кремовый оттенок, слабо двуотражает и отчетливо анизотропен.

Детально не изучен.

Теллуриды

— „ — теллуровисмутита — теллуровисмутит

тетрадимит

пильзенит (верлит)

— „ — креннерита — креннерит

СИЛЬВАНІТ

— „ — петцита—петцит

с невыясненной	}	эмпрессит
структурой		нагнагит
		риккардит
		волынскит

Гессит — Ag_2Te . Кубическая сингония выше 155°C и ромбическая или моноклинная при более низкой температуре. Температура инверсии, по данным Борхерта, составляет 155° . По Маркгаму в зависимости от избытка в системе серебра или теллура, температура инверсии колеблется в пределах от 105 до 145° .

Теоретический состав: Ag 62,86%, Te—37,14%.

Непрозрачный, стальнo-серый с металлическим блеском. Твердость 2—3, уд. вес 8,24—8,45. Более высокий удельный вес обусловлен включениями золота.

В отраженном свете цвет минерала серовато-белый до светло-

коричневого. Интенсивность отражения для желтых лучей составляет 41%, больше, чем у нагиагита, петцита и меньше, чем у галенита. Заметно двуотражающий с цветным эффектом в серо-синих, светло-коричневых тонах. Отчетливо анизотропный с цветным эффектом в темно-оранжевых, темно-серо-синих тонах. Анизотропия пятнистая, чем отчетливо отличается от анизотропных разновидностей петцита и эмпрессита. Твердость низкая, ниже, чем у ассоциирующих с ним теллуридов (сильванита, теллуrowисмутита, мелонита, алтаита и др.). Наблюдается спайность. Микротвердость: $H_{ср}$ от 30 кгс/мм² (Дастакерт) до 37 кгс/мм² (Зод).

От HNO_3 иризирует, чернеет, HCl —слегка чернеет, $FeCl_3$ —иризирует. Микроспектральными и спектральными анализами в минерале определены серебро, теллур, золото (много—несколько процентов), висмут, свинец, сурьма, мышьяк, никель и другие (сотые и десятые доли процента).

Рентгенограммы порошка гессита из Зодского, Меградзорского и Кафанского месторождений приведены в табл. 92; они сходны с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

В Армянской ССР гессит установлен в рудах Каджаранского (А. С. Фарамазян, 1958), Калерского (Б. М. Меликсетян и др., 1960), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Дастакертского и Джиндаринского (Г. О. Пиджян, 1970) медно-молибденовых; Зодского (Ш. О. Амирян, 1960), Меградзорского (А. И. Карапетян и Ш. О. Амирян, 1964), Гамзачиманского, Гегарчинского, Лалигюхского, Тейского, Арманисского (Ш. О. Амирян, 1963, 1966, 1971, 1972, 1974), Шаумянского (Р. Н. Зарьян, 1963) золоторудных; Кафанского (Р. Н. Зарьян, 1962) медноколчеданного месторождений.

На медно-молибденовых и колчеданных месторождениях гессит находится в полиметаллических рудах, где он ассоциирует с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, блеклой рудой, алтаитом, теллуrowисмутитом.

На золоторудных месторождениях и, особенно, золото-теллуrowых главной ассоциацией для гессита является золото-теллуrowая, где участвует значительное число теллуридов золота и серебра, висмута, ртути и др. элементов (калаверит, креннерит, сильванит, петцит, колорадоит, теллуrowисмутит, алтаит, мелонит и др.).

В группе теллуридов гессит является самым поздним минералом. Алтаит, теллуrowисмутит, мелонит, сильванит, калаверит, нагиагит замещаются гесситом. В полях гессита очень часты включения сульфидов, арсенидов и ранних теллуридов, сохранив-

Межплоскостные расстояния гессита из Зодского, Меградзорского и Кафанского месторождений

Зодское месторождение*				Меградзорское место- рождение				Кафанское месторож- дение**			
I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
3	3,63	1	1,605	3	3,33	3	1,387	1	3,74	1	1,594
7	(3,02)	2	1,560	1	(3,14)	6	1,312	2	3,15	2	1,445
5	2,95	2—3	1,465	10	2,99	1	(1,199)	5	3,02	3	1,386
10	2,72	1	1,440	10	2,87	3	0,999	7	2,85	1	1,338
6	2,41	6	1,383	7	2,71	6	0,984	1	2,77	2	1,275
6	2,29	7	1,316	3	(2,46)	6	0,939	2	2,45	1	1,250
4	(2,216)	3—4	1,296	6	2,32	6	0,893	8	2,33	1	1,193
8	2,094	3—4	1,274	7	2,123	3	0,866	7	2,25	2	1,115
7	2,004	4	1,205	5	2,022	3	0,825	1	2,17	2	1,051
5	1,872	2	1,117	7	1,896			5	2,12	1	0,936
4—5	1,817	1	1,104	5	1,686			1	2,02		
1	1,712	3ш	1,068	5	1,537			1	1,95		
1	1,673	2ш	1,048	2	(1,446)			1	1,86		
								1	1,78		

* Анализы гессита из Зодского и Меградзорского месторождений выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Cu}\alpha_3$ —излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 8 ч.

** Анализ гессита из Кафанского месторождения выполнен в ВИМС-е Г. А. Сидоренко. Условия съемки: Fe—Mn-излучение, D—57,3; резиновый ша-рик. эксп. 8 ч.

шиеся от замещения. После гессита образовались петцит, самородное золото, колорадоит и самородный теллур. Обычно в полях гессита наблюдаются тонкие включения и прожилочки золота, которые замещают гессит (рис. 113). Это явление очень характерно для гессита и отличает его от петцита.

Гессит образует зернистые агрегаты размером 0,01—5 мм, нередко прожилочки в карбонате и кварце (Зод, Меградзор). В виде включений находится в сульфидах и арсенидах. Характерны графические структуры замещения и тесные сростки самородного золота, гессита, петцита (рис. 114), эмпрессиита, сивьяниты и других теллуридов. Гессит является одним из источников получения из руд Ag и Te.

Вейссит — Cu_5Te_3 или Cu_2Te . Гексагональная сингония. Цвет в свежем изломе темно-синевато-черный. Непрозрачный.

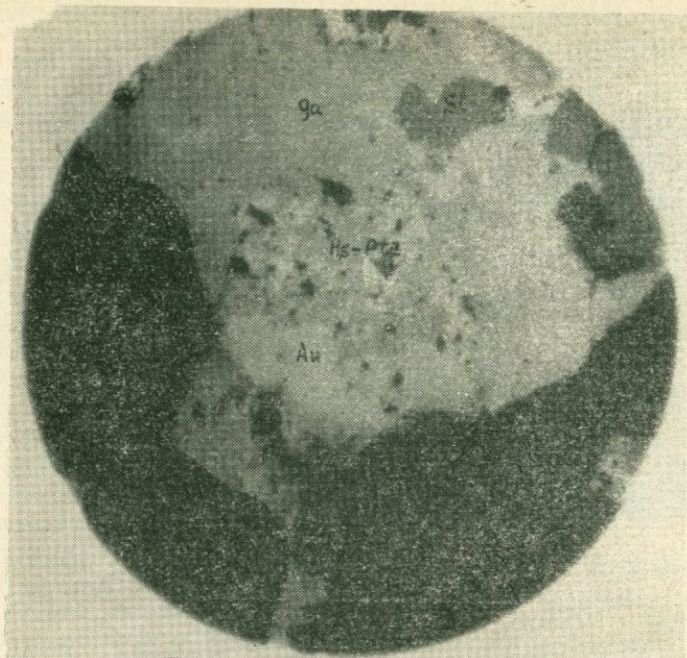


Рис. 113. Гессит (Hs) с прожилками самородного золота (Au) и включениями полидимита (Pd) и хромита (Crt). Аншлиф, $\times 100$. Месторождение Зод. По Ш. О. Амиряну.

Блеск металлический. Спайность отсутствует. Твердость 3, уд. вес 6. Образует сплошные массы, обычно малых размеров.

Теоретический состав для Cu_2Te : Cu 49,91%; Te 50,09%.

В отраженном свете цвет минерала светло-серый с голубоватым оттенком. По цвету похож на халькозин. Интенсивность отражения близка к тетраэдриту (25—28%). Слабо двуотражающий. Заметно анизотропный. Твердость низкая. Рельеф ниже риккардита, но выше рельефа гессита, петцита, алтанта. Твердость по микровдавливанию составляет: $H_{\text{ср}1} = 46,4 \text{ кгс/мм}^2$, $H_{\text{ср}2} = 54,5 \text{ кгс/мм}^2$.

От HNO_3 вскипает и бурет, от HCl , KCN становится светло-бурым, от KOH —слегка светло-бурым. Микрохимические испытания на Cu и Te положительны. Локальными микроспектральными анализами в минерале определены: медь, теллур (много), же-

лезо, золото, серебро (следы). По спектральному составу сходен с риккардитом, от которого отличается диагностическими свойствами под микроскопом.

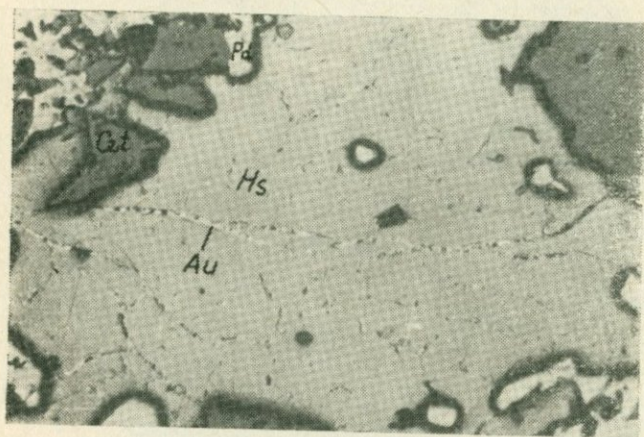


Рис. 114. Гессит (Hs)—петшитовый (Ptz) агрегат в тесных срастаниях с сам. золотом (Au). Аншлиф, х430. Месторождение Каджаран. По А. С. Фарамазяну.

Вейссит очень редко встречающийся минерал. В Армянской ССР установлен в золото-теллуридных рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1960, 1974), где он находится в ассоциации с риккардитом, самородным золотом, теллуридами золота, серебра, висмута, свинца и никеля. Эта ассоциация минералов замещает пирит, арсенопирит, халькопирит, теннантит, тетраэдрит. Совместно с риккардитом образует каемки вокруг медных и теллуридных минералов, заполняет промежутки и трещины их зерен и агрегатов. Нередко сопровождается вторичным золотом и минералами гипергенного происхождения. Условия образования риккардита и вейссита идентичны. Вероятно, они образовались из богатых медью и теллуром растворов, возникших в зоне окисления сульфидных руд. Не исключена возможность гипогенного образования вейссита в результате воздействия теллуросодержащих растворов на медные минералы.

Алтаит — PbTe . Кубическая сингония. Химический состав согласно теоретической формуле: Pb —61,91%, Te —38,09%.

Примеси: Ag , Au , Cu , Fe .

По частоте нахождения среди теллуридов алтаит является наиболее распространенным. Обычно образует сплошные мелко-

зернистые агрегаты, реже кубические кристаллы. Спайность II (100), подобно галениту, совершенная, хрупок, твердость 3, уд. вес 8,19, цвет оловянно-белый с желтоватым оттенком.

В отраженном свете цвет алтаита белый с зеленоватым оттенком. В крупнозернистых выделениях встречаются треугольники выкрошивания, которые в мельчайших выделениях алтаита не обнаруживаются.

Отражательная способность высокая $R \approx 60\%$, двуотражение отсутствует. Минерал оптически изотропен или очень слабо анизотропен.

При диагностическом травлении положительно действуют HNO_3 (вскипает, окрашивается в коричневый цвет), HCl и FeCl_3 (образуется иризирующий налет).

Алтаит встречается в гидротермальных месторождениях совместно с другими теллуридами, пиритом, галенитом, сфалеритом, а также жильными минералами (кварцем, халцедоном, сидеритом и др.).

В рудах Армянской ССР алтаит встречается в месторождениях колчеданной, медно-молибденовой, золото-теллуровой, золото-сульфидной и др. формаций, в тесной ассоциации с халькопиритом, пиритом, сфалеритом, энаргитом, блеклыми рудами, теллуридами золота, серебра и висмута.

Наиболее заметные скопления алтаита в 1957 г. были установлены и описаны в образцах руд, отобранных в районе шестого кваршлага, горизонта 810, рудника № 1—2 Кафанского месторождения (Э. А. Хачатурян, 1958).

Полиметаллическое оруденение вместе с крупными выделениями алтаита составляет здесь линзовидное тело, которое приурочено к крутопадающему нарушению близмеридионального направления. Минерал образует отдельные скопления размером 1—1,5 см в поперечнике (рис. 115) или же тонкие прожилки, секущие агрегаты полиметаллических руд.

Микрохимические реакции на Рb и Те дали положительные результаты. Минерал растворяется в концентрированной серной кислоте, окрашивая ее при нагревании в характерный для теллура пурпурно-красный цвет.

В изученных образцах алтаит встречается часто и в большом количестве, занимает от 20 до 30% площади полированного шлифа и образует сплошные аллотриоморфнозернистые агрегаты и ангедральные выделения.

Рентгенометрическое изучение алтаита, выполненное Э. Х. Хуршудян в лаборатории ИГН АН Армянской ССР, показало полную идентичность его с эталонным образцом. Параметр элементарной ячейки кафанского алтаита $a_0 = 6,42 \pm 0,01 \text{ \AA}$.

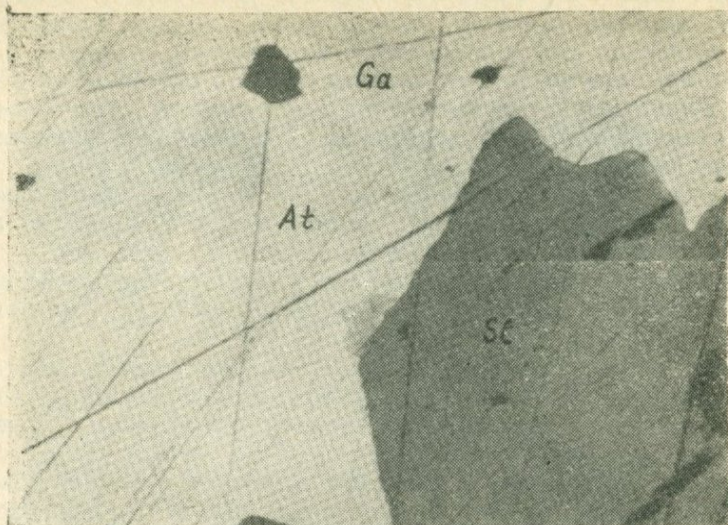


Рис. 115. Крупное выделение алтанта (At). Сфалерит (Si) замещается галенитом (Ga) и алтантом (At). Аншлиф, х200. Месторождение Кафан. По Э. А. Хачатуряну.

Неполный химический анализ минерала (аналитик Т. Т. Авакян) показал следующие содержания главных компонентов: Pb 55,81% и Te 30,93%. При пересчете на атомные количества, соотношение получается равным 1:1, что вполне отвечает формуле алтанта. По данным Р. Н. Зарьяна, кроме главных компонентов в алтанте отмечаются: Zn 2,61%, Se 0,30%, Fe 0,16%, Cu 0,15% и Ge 0,00015%. Надо полагать, что присутствие Zn, Fe, Cu обусловлено примесью сфалерита, пирита и халькопирита.

Химический состав алтанта из Кафанского месторождения изучался также рентгеноспектральным анализом (табл. 93).

Алтант в рудных формациях республики распространен гораздо шире, чем это представлялось раньше. Многими исследователями минерал установлен, изучен и описан в рудах Каджаранского, Дастакертского, Джиндаринского, Анкаванского, Калерского, Зодского, Меградзорского, Амзачиманского, Арманисского, Лалигюхского, Анкадзорского, Азатекского и др. месторождений.

Согласно описаниям алтант из перечисленных месторождений в отраженном свете белый с нежно-зеленоватым оттенком.

Таблица 93

Химический состав кафанского алтанта по данным микрозонда (вес. %)*

	Pb	Te	Se	S	Σ	Формула минерала
Фаза 3	63,09	35,25	0,17	0,08	98,59	Pb _{1,04} (Te, Se, S) _{0,96}
Фаза 4	63,30	34,91	0,19	0,05	98,45	Pb _{1,04} (Te, Se, S) _{0,96}
Фаза 5	62,97	33,96	0,13	0,08	97,14	Pb _{1,06} (Te, Se, S) _{0,94}

Фазы 3, 4—большие поля алтанта

Фаза 5—небольшие выделения (≈ 80 мкм) алтанта в галените.

* Измерения выполнены в рентгеноспектральной лаборатории ИГЕМ АН СССР аналитиком А. И. Цепиным на микроанализаторе М-46 «Камека».

Условия измерения: рабочее напряжение—20 кв, ток образца—26 на, размер зонда $\approx 1,5$ мкм.

Таблица 94

Химический состав алтантов

Месторождение	Содержание элементов в %											Нерастворимый остаток	Сумма	Аналитик и автор
	Pb	Te	Se	Ag	As	Sb	Zn	Fe	Cu	Bi	Au			
Зод	57,85	30,05	0,180	2,0	1,0	0,8	—	—	—	3,0	2	2,44	99,32	Т. Т. Авакян (Ш. О. Амрян, 1969)
Кафан	60,00	32,75	0,30	—	—	—	2,61	0,16	0,15	—	—	3,53	99,50	Т. Т. Авакян (Р. Н. Зарьян, 1963)
Меградзор	61,00	36,20	0,05	1,0	0,10	0,10	—	—	0,15	0,10	0,95	0,80	100,45	К. Погосян (Ш. О. Амрян, 1964)

Отражательная способность для зеленых и желтых лучей составляет $\approx 61\%$. Микротвердость зодского алтанта $H_{\text{ср}} = 54,5$ кгс/мм², анкаванского—37,0 кгс/мм², кафанского—45,0 кгс/мм².

Алтант из Зодского, Меградзорского, Амзачиманского золоторудных, Кафанского медноколчеданного и Каджаранского медно-молибденового месторождений подвергнут рентгенометриче-

Межплоскостные расстояния алтанта

1			2			3			4		5	
l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	l	$d\alpha/n$
2	3,688		5	3,51	3,18	3	3,54	3,213	1	3,76	1	3,71
4	3,500	3,20	9	3,11	2,82	9	3,216		1	3,42	9	3,25
10	3,200		1	2,91	2,64	4	2,516	2,281	10	3,23	1	2,91
5	2,513	2,268	6	2,49	2,26	10	2,283		2	2,97	1	2,63
10	2,266		10	2,27	2,06	1	2,134		9	2,288	9	2,27
2	1,934		3	2,04	1,85	2	2,049	1,934	3	2,104	1	1,928
7	1,856		2	1,93	1,75	3	1,938	1,857	3	1,948	8	1,846
3	1,785	1,611	9	1,851	1,677	8	1,858		8	1,866	4	1,607
6	1,612		3	1,773	1,607	1	1,780		2	1,786	6	1,437
3	1,598	1,442	1	1,703	1,544	6	1,617	1,613	2	1,710	5	1,312
1	1,457	1,315	7	1,607	1,456	3	1,592		8	1,614	1	1,139
10	1,438		6	1,585	1,437	10	1,455	1,443	2	1,491	2	1,071
7	1,317		1—2	1,477	1,339	9	2,320		9	1,445	2	1,019
2	1,191	0,075	10	1,437	1,302	2	1,189		9	1,315	1	0,954
4	1,130		9	1,314	1,191	4—5	1,143	1,078	1	1,206	1	0,869
8	1,077		1	1,255	1,138	2	1,128		7	1,141	1	0,862
6	1,021		2	1,183	1,073	9	1,076		8	1,077		
1	0,981	0,884	5	1,140	1,033	7	1,022		7	1,022		
5	0,974		4	1,122	1,017				2	1,972		
1	0,957	0,864	1	1,090	0,988				1	0,932		
1	0,932	0,841	9ш	1,070	0,974				2	0,896		
5	0,896		8ш	1,020	0,925				2	0,863		
7	0,864								1	0,808		
2	0,842											
3	0,807											

1. Зодское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Si}\alpha\beta$ —излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 5 ч.

2. Меградзорское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Fe}\alpha\beta$ —излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 3,5 ч.

3. Амзачиманское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—70, $\text{Fe}\alpha\beta$ —излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 3,5 ч.

4. Кафанское месторождение. Анализ выполнен в лаборатории ВИМС-а Г. А. Сидоренко. Условия съемки: УРС—55, Cu-Ni —излучение, D—57,3; d—0,4; эксп. 5 ч.

5. Каджаранское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ВИМС-а Г. А. Сидоренко. Условия съемки: УРС—55, Cu-Ni —излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 8 ч.

ским исследованиям, результаты которых сведены в приведенной табл. 95:

Алтаит связан обычно с гидротермальными месторождениями, особенно с золото-серебряными рудными жилами, где ассоциирует с пиритом, золотом и золото-серебряными теллуридами, самородным теллуrom, галенитом, сфалеритом, а также жильными минералами—кварцем, халцедоном, сидеритом. Минерал описан также в бедных серебром высокотемпературных золото-кварцевых жилах.

Алтаит описан в Заводинском руднике (Алтай), Степняке (Центр. Казахстан), Лас-Крусесе (Нью-Мехико), Шеллгадене (Зальцбург), Эшли-Майне, руднике Лейкшор, Кирклэнд-Лейке и Караморе (Онтарио) и др.

Алтаит в рудах ряда месторождений Армянской ССР может представить интерес как источник получения теллура.

Колорадоит — HgTe . Кубическая сингония. Образует сплошные зернистые массы. Хрупкий, твердость 2,5—3, уд. вес 8,0—8,1. Железно-черного цвета, нередко серого цвета с красноватым оттенком. Блеск металлический.

Химический теоретический состав: Hg —61,14%, Te —38,86%.

В отраженном свете цвет минерала серовато-белый с коричневым, красноватым оттенком. По сравнению с гесситом розово-коричневый и более темный, с алтаитом—коричневато-серый, с креннеритом, калаверитом—темно-серый, с нагиагитом—розовато-коричневый. Интенсивность отражения для желтых лучей составляет 38%. Изотропный. Твердость низкая, полируется хорошо. Рельеф выше рельефа петцита, гессита, алтаита, Спайность не наблюдается. Твердость по микровдавливанию: $H_{\text{ср}} = 59 \text{ кгс/мм}^2$.

От HNO_3 буреет, иризирует, FeCl_3 —иризирует. Микрохимия на Hg и Te положительна. Локальными микроспектральными анализами изолированных выделений определены: Hg , Te (много). Au , Bi , Ag , Pb , Sb (следы). Полуколичественными спектральными анализами в мономинеральных пробах и теллуридовых концентратах наряду с Te , Bi , Ag , Au , Pb , Cu , Sb , определена также ртуть в количестве 0,01—0,3%, при отсутствии других ртутных минералов.

Колорадоит из Меградзорского месторождения подтвержден также рентгенометрически (табл. 96).

В рудах Армянской ССР колорадоит обнаружен на Зодском и Меградзорском месторождениях (Ш. О. Амирян, 1960, 1966, 1974). Колорадоит ассоциирует с гесситом, петцитом, сильваниитом, калаверитом и другими теллуридами. Золото-теллуровая ассоциация на обоих месторождениях является продуктом самосто-

ятельной порции растворов и наложена на полиметаллические и другие типы руд.

Колорадоит представлен зернистыми агрегатами размером 0,001—0,3 мм. На Меградзорском месторождении совместно с самородным золотом, сильванитом, гесситом и петцитом замещает галенит и теннантит. На Зодском месторождении он развивается по контакту мелонита с калаверитом, наппагитом и теллуrowисмутитом. Нередко проникает в промежутки пластинок теллуrowисмутита.

Колорадоит имеет весьма ограниченное распространение и представляет лишь минералогический интерес.

Таблица 96

Межплоскостные расстояния колорадоита*

I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
4	(4,11)	9	1,946	5	1,243
10	3,70	0,5	1,787	1	(1,206)
1	3,38	1	1,784	4	1,143
1	3,27	4ш	1,614	1	(1,128)
1	3,06	5	1,483	7	1,092
4	(2,53)	1	(1,459)	5	1,027
10	2,28	2	(1,378)	3	0,985
3	(2,15)	7	1,320		

* Анализ выполнен в ЦНИГРИ (П. С. Бернштейн и др., 1968).

Теллуrowисмутит — Bi_2Te_3 . Тригональная сингония.

Характерны пластинки и листоватые агрегаты (рис. 116) с совершенной спайностью по (0001). Пластинки гибки, но не эластичны. Цвет оловянно-белый, блеск металлический, сильный в свежем изломе. Твердость 2, микротвердость: $H_{\text{ср1}} = 46,3$ кг/мм², $H_{\text{ср2}} = 60,2$ кг/мм² (для Зодского месторождения), уд. вес 7,815.

В полированных шлифах цвет белый с кремовым или розоватым оттенком, слабо двуотражает, заметно анизотропный, R для красных лучей ~60%, желтых—56%, зеленых—53%, травится HNO_3 (1:1) и FeCl_3 (20%), иризирует, бурет; растворяется в конц. H_2SO_4 окрашивая раствор при нагревании в пурпурный цвет. П. п. тр. на угле плавится и полностью улетучивается. В откр. тр. дает белый дым TeO_2 . Теоретический состав (в %): Bi—52,09; Te—47,91; иногда содержит Sb, Se, S, а по данным спектральных анализов также Ag, Pb, Au и др.

Химические составы теллуrowисмутита из ряда месторождений приведены в табл. 97 (в %), а результаты рентгеновских исследований в табл. 98.

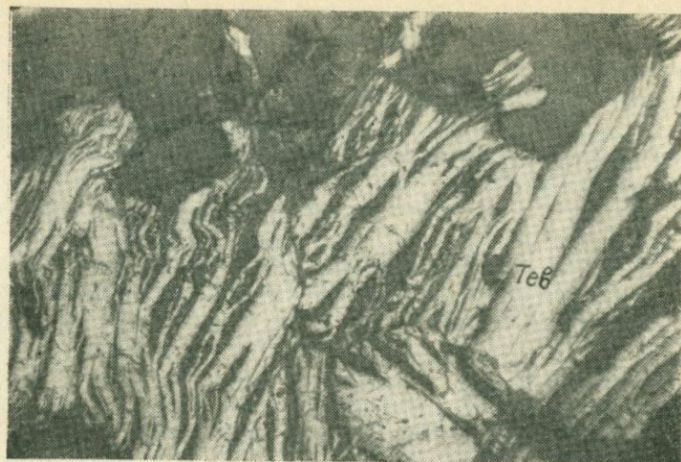


Рис. 116. Теллуrowисмутит (Тев) в чешуйчатых скоплениях среди кварца (q).
Аншлиф, х80. Месторождение Зод. По Ш. О. Амиряну.

Таблица 97

Химический состав теллуrowисмутитов из различных месторождений
Армянской ССР*

Элемен- ты	1. Месторожде- ние Зод	2. Месторожде- ние Калер
Вl	46,9	51,27
Te	47,5	46,40
Sb	2,7	не опр.
S	0,45	0,54
Se	не обн.	не опр.
Pb	не опр.	0,58
Н. ост.	не опр.	0,88
Сумма	97,55	99,67

* 1. Колл. И. Г. Магакьяна (стибиотеллуrowисмутит), аналитики М. М. Стукалова и А. К. Иवानян; 2. Колл. Б. М. Меликсетяна и А. С. Фарамазяна, аналитик Л. Е. Новороссова.

В рудах месторождений Армянской ССР теллуrowисмутит ассоциирует с тетрадимитом, алтаитом, самородным золотом, реже теллуридами золота и серебра, мелонитом, нагиагитом.

Межплоскостные расстояния теллурависмутита из различных месторождений и проявлений Армянской ССР

1			2		3			4			5		6				
l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$	$d\beta/n$	l	$d\alpha/n$		
2—1	4,816	4,355	3	5,070	4	5,110		5	0,994	3	4,86	4,89	10	3,15	2,85	2	5,03
2	(3,544)	3,212	1	3,740	4	3,570	3,210	2	0,962	3	(3,46)	3,12	10	2,35	2,12		13,75
9	3,219	(2,917)	3	3,510	10	3,210		20	0,952	10	3,17	(2,86)	6	2,16	1,95		83,18
2	(2,609)	2,365	10	3,200	8	2,620	2,370	20	0,927	2	(2,41)	2,17	6	2,011	1,815		12,66
10	2,374	(2,152)	1	2,650	10	2,370		50	0,920	9	2,34	2,11	5	1,787	1,613		72,36
4	(2,248)	2,037	2	2,580	5	2,240	2,020	30	0,906	8	2,18	1,96	5	1,692	1,527		12,21
4	2,184	1,979	8	2,380	5	2,190		20	0,872	6	(2,00)	1,80	5	1,590	1,435		42,05
7	2,028	(1,838)	4	2,190	9	2,030		20	0,863	7	1,80	1,625	8	1,481	1,337		31,808
3—4	1,806	1,637	5	2,040	1	1,833	1,170	6	0,848	2	1,686	1,522	3	1,407	1,270		11,695
4	1,711	1,551	3	1,810	3	1,809		20	0,836	6	1,600	1,442	3	1,385	1,260		31,606
2	(1,642)	1,488	2	1,699	4	1,696		50	0,826	7	1,477	1,333	2	1,336	1,206		41,485
5	1,609	1,458	2	1,611	2	1,643	1,483	5	0,813	6	1,394	1,258	4	1,292	1,166		21,408
1	(1,556)	1,411	3	1,570	4	1,608		40	0,803	4	1,292	1,166	2	1,254	1,132		11,337
10	1,489	(1,350)	7	1,488	1	1,564	1,412	40	0,796	1	1,261	1,138	2	1,181	1,066		21,294
1	1,450	1,314	1	1,453	9	1,485		40	0,792	1	1,204	1,087	2	1,163	1,050		11,249
6	1,415	(1,282)	3	1,392	2	1,451		2	(1,181)	1	1,066	2	1,088	0,982		11,206	
4	1,406	1,274	1	1,340	8	1,412		2	(1,153)	1	1,041	2	1,081	0,975		11,184	
4	1,339	1,213	4	1,322	4	1,293		4	1,071	(0,967)	1	1,043	0,941		21,161		
3—4	1,298	1,176	4	1,295	3	1,340		5	1,040	(0,939)	1	0,990	0,893		11,122		
2	1,248	1,132	3	1,267	4	1,294		5	0,993	0,896						11,070	
3	1,212	1,099	3	1,208	1	1,262		1	(0,963)	0,869						21,046	
3	1,188	1,022	3	1,160	1	1,249		3	(0,921)	0,831						11,039	
3	1,162	1,053	1	1,120	4	1,210		3	0,907	0,818						11,015	
2	1,118	1,013	1	1,106	4	1,185		3	0,863	(0,778)						10,994	
1—2	1,094	0,998	1	1,086	5	1,158		3	0,849	0,766						10,962	
3—4	1,071	0,971	4	1,069	3	1,118		3	0,836	0,755						10,949	
3—4	1,044	0,947	6	1,044	3	1,070										10,926	
2	1,025	0,929	2	1,036	6	1,043											
2	1,015	0,920	1	0,997	2	1,025											
			2	0,965	1	1,012											

1. Зодское месторождение. Анализ выполнен в лаборатории ИМГРЭ Ю. А. Пятенко. Условия съемки: УРС—55, $Fe_{\alpha\beta}$ -излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 5 ч.

2. Кафанское месторождение. Анализ выполнен в лаборатории ВМС-а Г. А. Сидоренко. Условия съемки: УРС—55, Fe—Mn-излучение, D—57,3; d—0,4; эксп. 5 ч.

3. Калерское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $Su_{\alpha\beta}$ -излучение, D—57,3; d—0,4, эксп. 6 ч. ($a_0=4,368 \pm 0,0005$ $c_0=30,49$ А, $a_{rh}=10,44$, $\alpha=24,5^\circ$) (Б. М. Меликсетян и др., 1963).

4. Меградзорское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Cu}\alpha\beta$ -излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 5 ч.

5. Амзачиманское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Cu}\alpha\beta$ -излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 5 ч.

6. Каджаранское месторождение. Анализ выполнен в лаборатории ВИМС-а Г. А. Сидоренко. Условия съемки: УРС—70, Fe—Mn-излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 5 ч.

В заметных количествах теллурувисмутит установлен в рудах месторождений Зод, Меградзор, Калер, Анкаван, Амзачиман и др., где отложен в гидротермальных средне-низкотемпературных условиях и образует местами макроскопически хорошо видимые пластинки и агрегаты.

В рудах Зодского месторождения представляет практический интерес как источник теллура и висмута.

Тетрадимит — $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$. Тригональная сингония, с типичной слоистой кристаллической структурой. С весьма совершенной спайностью (рис. 117). Твердость 1,5—2, уд. вес 7,3—7,8. Непрозрачный, сильный металлический блеск на свежих плоскостях по

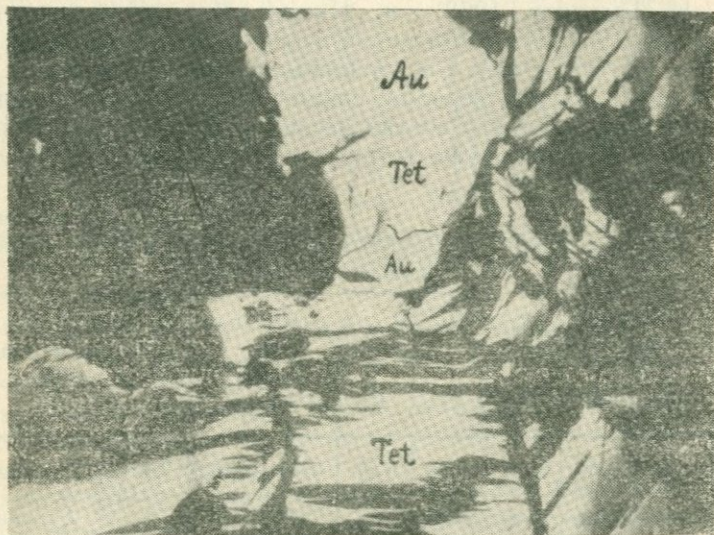


Рис. 117. Срастания тетрадимита (Tet) с самородным золотом (Au). Аншлиф, х80. Месторождение Зод. По Ш. О. Амиряну.

спайности. Стально-серого цвета. Образует листоватые и слоисто-зернистые агрегаты.

Химический теоретический состав: Bi —59,27 %; Te —36,18 %; S —4,55 %.

В отраженном свете белый со слабым кремовым оттенком. В сростках с теллуrowисмутитом имеет серо-зеленоватый оттенок. Интенсивность отражения ниже, чем у теллуrowисмутита. Коэффициент отражения для оранжевых лучей составляет около 48 %. Двухотражение слабое в воздухе, усиливается в масле. Анизотропия слабая (с цветным эффектом в светлых, темно-серых тонах). Рельеф ниже теллуrowисмутита, креннерита, нагиагита, но выше, чем у гессита, петцита, примерно как у алтаита. Спайность совершенная. Твердость низкая, по микровдавливанию для Зодского тетрадимита составляет: $H_{\text{ср1}} = 54,8$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 40,4$ кгс/мм² (Ш. О. Амирян, 1961), Анкаванского—40 кгс/мм², Кафанского—23 кгс/мм² (А. И. Карапетян, 1961, 1962). Дастакертского—32—36 кгс/мм² (А. И. Карапетян, 1961, 1962), Анкадзорского—45,5—87 кгс/мм² (Г. А. Арутюнян, 1977).

Травится от HNO_3 —становится темно-коричневым, FeCl_3 —возникает слабый налет, выявляются царапинки, конц. горячая H_2SO_4 окрашивает в характерный малиновый цвет.

Химическим анализом в тетрадимите из Зодского месторождения (Н. Н. Тагунова, 1962) и Намазелянского проявления (Ш. О. Амирян, 1966; И. Г. Магакян и др., 1972) определены: Bi , Te , S , Fe , Pb , Sb (табл. 98). Спектральными анализами в нем определены примеси золота, серебра, свинца, меди, сурьмы, мышьяка, цинка, которые входят в состав ассоциирующих минералов.

Получены рентгенограммы тетрадимитов из Зодского, Гамза-

Таблица 99

Химический состав тетрадимита из Зодского месторождения и Намазелянского проявления

Месторождение	Содержание элементов в %							Авторы и анализы
	Bi	Te	S	Fe	Pb	Sb	Σ	
Зод	57,30	38,00	4,0	0,92	0,05	0,01	100,28	Н. Н. Тагунова, 1962
Намазелян	58,80	35,64	4,46	0,80	—	0,03	99,73	Ш. О. Амирян, 1966, Т. Т. Авакян

чиманского, Анкаванского, Каджаранского, Сарнахпюрского и Намазелянского месторождений и проявлений (табл. 100).

Таблица 100

Межплоскостные расстояния тетрадимитов из Зодского, Гамзачиманского Намазелянского, Каджаранского и Сарнахпюрского месторождений

1				2				3				4		5			
l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n	l	dz/n
24,92	41,383	10	3,12	1	4,87	5	1,441	5	5,02	4	4,90	2	1,051				
43,58	21,338	9	2,30	1	(3,40)	4	(1,425)	4	3,69	3	3,61	1	1,036				
103,20	31,287	5	2,17	9	3,07	4	1,344	2	3,60	1	3,26	3	1,014				
62,81	11,253	5	(2,12)	1	2,74	10	1,293	13,27	10	3,10	1	1,002					
32,63	31,225	7	1,94	3	(2,44)	4	1,255	93,15	1	2,76	2	0,980					
72,35	31,202	2	(1,83)	9	2,27	7	1,208	22,82	2	2,59	3	0,942					
52,19	21,180	5	1,74	4	2,16	3	1,185	12,50	3	2,45	2	0,913					
32,06	11,155	7(8)	1,64	4	(2,09)	1	1,144	42,31	2	2,16	3	0,987					
21,986	11,133	4	1,61	4	1,96	2	1,082	22,25	9	2,11	4	0,840					
31,930	11,110	5	(1,54)	5	1,92	3	1,051	62,15	2	1,967	3	0,825					
11,887	31,085	5	(1,44)	2	(1,81)	3	1,037	41,986	4	1,931							
41,814	21,068	7	1,43	2	1,741	5	1,014	11,864	5	1,751							
21,701	11,038	5	(1,35)	7	1,635	1	1,007	21,784	6	1,638							
11,639	21,021	10(9)	1,30	4	(1,599)			21,730	1	1,604							
51,597	11,002	6	1,26	3	(1,564)			21,670	1	1,553							
51,544	10,9876	7	1,21	3	1,550			11,610	4	1,432							
41,486	30,8478	2	(1,19)	1	1,486			21,590	6	1,347							
31,409	20,8088	4	1,08					11,550	7	1,295							
		2	1,05					21,030	5	1,255							
		5	1,04					10,964	4	1,213							
		4	1,01					20,910	3	1,184							
		3	0,98					10,840	1	1,081							

1. Зодское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, Cu-Ni -излучение, $D=57,3$; $d=0,4$, эксп. 4 ч.

2. Гамзачиманское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, $\text{Fe}\alpha\beta$ -излучение, $D=57,3$; $d=0,5$ эксп. 2,5 ч.

3. Намазелянское проявление. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55 $\text{Fe}\alpha\beta$ -излучение, $D=57,3$; $d=0,5$, эксп. 5 ч.

4. Каджаранское месторождение. Анализ выполнен в лаборатории ВИМС-а Г. А. Сидоренко. Условия съемки УРС—70, Fe-Mn -излучение, $D=57,3$; резиновый шарик, эксп. 8 ч.

5. Сарнахпюрское месторождение. Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: Fe-Mn -излучение, $D=57,3$; $d=0,4$, эксп. 8 ч.

В Армянской ССР тетрадимит установлен в рудах Кафанского (Ф. А. Шутлив, 1940), Анкадзорского и Алавердского медно-колчеданных месторождений в ассоциации с халькопиритом, пиритом, блеклой рудой, сфалеритом и галенитом; Зодского (Т. А. Твалчрелидзе, 1959; Ш. О. Амирян, 1960), Гамзачиманского, Личкваского, Арманисского (Ш. О. Амирян, 1966_{1,2}, 1973) золото-рудных месторождений в ассоциации с теллуrowисмутитом, гесситом, висмутином, козалитом, самородным золотом и другими теллуридами; Каджаранского (А. С. Фарамазян, 1961), Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961), Агаракского и Дастакертского (Г. О. Пиджян, 1966, 1975) медно-молибденовых месторождений в ассоциации с теллуrowисмутитом, гесситом, петцитом, галенитом, сфалеритом, блеклой рудой; Сарнахпюрского (Н. С. Хачатрян, Б. Д. Акопян, 1961) и Намазелянского (Ш. О. Амирян, 1966) золото-теллуrowых проявлений в ассоциации с пиритом, халькопиритом, самородным золотом, галенитом, теннантитом, висмутином, аргентитом, теллуrowисмутитом; Азатекского золото-сурьмяного (Ш. О. Амирян, А. Г. Акопян, 1963) месторождения, в ассоциации с халькопиритом, галенитом, галеновисмутитом, висмутином, теллуrowисмутитом, алтаитом и другими сульфосолями висмута, серебра, сурьмы, свинца, меди и мышьяка.

Сочетание минералов, их парагенезисы и типы месторождений показывают на широкие интервалы образования тетрадимита, при более высоком парциальном давлении серы и теллура.

Тетрадимит обычно встречается в виде пластинчатых, листоватых и листовато-зернистых агрегатов, нередко с размером 0,5—1 см в поперечнике. Он по сравнению с теллуrowисмутитом встречается в более бедных теллуrow рудах.

Обычными парагенезисами для тетрадимита являются: теллуrowисмутит-тетрадимит, теллуrowисмутит-тетрадимит-висмутин, теллуrowисмутит-тетрадимит-верлит (пильзенит), теллуrowисмутит-тетрадимит-галеновисмутит-айкйнит-козалит, висмутин-козалит-тетрадимит-теллуrowисмутит-виттихенит-эмплектит, теллуrowисмутит-тетрадимит-алтаит-нагнагит-гессит-мелонит, теллуриды золота и серебра, тетрадимит-висмутин-халькопирит. Тетрадимит является обычным спутником золота и совместно с другими теллуридами служит поисковым критерием золоторудной минерализации. Тетрадимит развивается по висмутину и сульфовисмутитам, халькопириту. Время выделения тетрадимита совпадает с возрастанием концентрации теллура в растворах.

В рудах Армянской ССР имеет широкое распространение. Как следует из вышеописанного, он встречается почти во всех главных типах рудных месторождений республики. Имеет практическое значение как источник теллура.

Пильзенит (верлит)— $\text{Bi}_3\text{Te}_2(?)$. Теоретический состав (в %); Bi—71,07, Te—28,93. Тригональная сингония. Образует пластинчатые и листоватые агрегаты. Спайность совершенная в одном направлении. Твердость 2, уд. вес $8,41 \pm 0,03$. Цвет оловянно-белый. Блеск металлический. Пластинки гибкие и слегка эластичные.

В отраженном свете цвет минерала белый (кремово-белый) с бледно-розовым оттенком. В масле усиливается различие в цветах; минерал становится более розоватым, фиолетово-розовым. Коэффициент отражения для желтых лучей составляет около 47%. Двухотражение слабое, заметно в масле. Слабо анизотропный (в серых, голубых, коричневых тонах). Твердость низкая. Рельеф выше, чем у алтанта, теллуrowисмутита и гессита. Заметна совершенная спайность. Твердость по микровдавливанию составляет: $H_{\text{ср1}} = 65,4$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 73,2$ кгс/мм².

От HNO_3 иризирует, чернеет. Локальными микроспектральными анализами на микроанализаторе LMA в нем определены много Bi, Te и Ag, следы Sb, Au, Pb. Минерал подтвержден также рентгеноструктурным анализом (Т. А. Твалчрелидзе).

Пильзенит (верлит) установлен в золото-теллуrowых рудах Зодского месторождения (Амирян Ш. О., 1974) (табл. 101) в тесном сростании с теллуrowисмутитом, алтантом, гесситом, нагиагитом, самородным золотом. Эта ассоциация замещает арсенипирит, пирит, галенит, герсдорфит, бравоит и ваэсит. Совместно с алтантом и гесситом проникает в пространство между пластинками теллуrowисмутита, от которого отличается красновато-розовым цветом и несколько более низкой интенсивностью отражения.

Имеет небольшое значение в рудах Армянской ССР как один из источников получения Te и Bi.

Таблица 101

Межплоскостные расстояния пильзенита (верлита)*

I	$d\alpha/n$	I	$d\alpha/n$	I	$d\alpha/n$
10	3,06	3	1,985	4	1,442
10	2,81	2	1,804	4	1,399
7	2,52	4	1,740	4	1,360
5	2,29	3	1,696	3	1,230
7	2,14	3	1,501		

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, Fe-Mn—излучение. D—57,3; резиновый шарик, эксп. 9 ч.

Мелонит — NiTe_2 гексагональная сингония. Образует гексагональные пластинки, листоватые выделения. Цвет бронзово-красный, красновато-белый. Пластинки гибкие. Тв. 1—1,5. Микро-твердость различна в разных сечениях: $H_{\text{ср1}} = 86,6$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 161,0$ кгс/мм² Уд. вес 7,72. Блеск металлический. Непрозрачный. Спайность по (0001) весьма совершенная.

Теоретический химический состав: Te—81,30%; Ni—18,70%.

В отраженном свете цвет минерала кремово-розовый, розовый, по сравнению с пирротинном—светлый. Интенсивность отражения высокая. Коэффициент отражения для зеленых лучей составляет 49%, желтых— 56%, красных—64%, чем обусловлен кремово-розовый или розовый оттенок минерала под микроскопом. Двухотражение заметно в воздухе (кремово-белый, кремово-розовый). Отчетливо анизотропный—в светло-желтых, коричневых, фиолетовых тонах. Твердость низкая, но это один из наиболее твердых теллуридов. Рельеф выше, чем у креннерита, нагиагита, алтаита, теллуrowисмутита. Полируется хорошо, но по некоторым сечениям плохо. Наблюдается спайность. Нередки трещинки деформации. Образует короткопризматические, пластинчатые агрегаты, где пластинки и отдельные зерна расположены перпендикулярно, под углами относительно друг к другу. Наблюдаются пластинчатые, веретенообразные двойники.

Травится от HNO_3 (вскипает и становится черным), от FeCl_3 (окрашивается в светло-бурый цвет), от HCl становится коричневым.

Химическим анализом в минерале определены: Te—77,4%, Ni—18%. Остальную часть составляют нерастворимый остаток и примеси других элементов, определенные спектральным анализом: Au, Fe, Co, Sb, Bi, As—0,3—1%, Si, Mg, Ca, Pb—0,1—0,3%, Mn, Al, Ti, Cu, Ag, Zn—0,003—0,01%.

Рентгенограмма мелонита (табл. 102) сходна с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

Мелонит установлен в рудах Зодского золоторудного (Ш. О. Амирян, 1960, 1974) и Кафанского медноколчеданного (Е. Л. Афанасьев, А. К. Авгитов, 1963) месторождений.

Мелонит—редкий минерал, но в рудах Зодского месторождения встречается часто и нередко в довольно больших скоплениях (Ш. О. Амирян, 1960, 1974). Ассоциирует с алтаитом, теллуrowисмутитом, ваэситом, бравоитом, герсдорфитом, гесситом, калаверитом (рис. 118) и другими теллуридами золото-теллуридовой стадии минерализации. Размер таблитчатых и листоватых агрегатов составляет 0,01—0,5 см.

Замещение сульфидов и арсенидов никеля мелонитом указы-

Межплоскостные расстояния мелонита*

l	$d\alpha, \beta/n$	l	$d\alpha, \beta/n$	l	$d\alpha, \beta/n$
5	5,14	6—7	(1,703)	6	1,209
1	(3,08)	5	1,581	7	1,195
3	(2,86)	10	1,545	3—4	1,140
9	2,79	2	1,447	2	1,127
10	2,60	3	1,409	1	1,113
5	(2,26)	1	1,348	2	1,105
10	2,05	1	(1,328)	10ш	1,085
5	1,917	7	(1,314)	8ш	1,023
2	1,750	5	1,226	8ш	1,004

* Анализ выполнен в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: УРС—55, Fe-Mn—излучение, D—57,3; d—0,5, эксп. 8 ч.

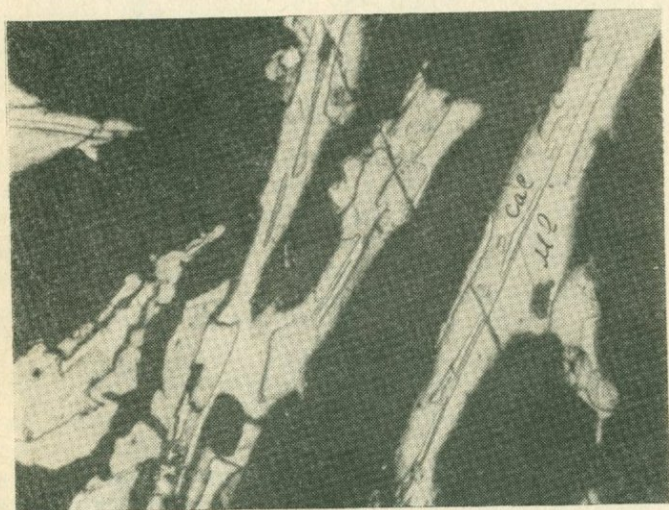


Рис. 118. Мелонит (Me) и калаверит (Cal) в скелетных выделениях среди кварца (q). Аншлиф, $\times 100$. Месторождение Зод. По Ш. О. Амиряну.

вают на образование мелонита за счет никеля этих минералов под воздействием теллурсодержащих растворов. Возможно, часть никеля заимствована из окружающих пород, которые вдоль рудных

жил сильно гидротермально изменены. Мелонит окаймляется теллуrowисмутитом, алтаном и другими теллуридами, поэтому считается одним из ранних теллуридов. Совместно с теллуrowисмутитом значительно шире развит на нижних горизонтах рудных тел.

Калаверит — AuTe_2 Моноклинная сингония. Образует плоско-вытянутые, игольчатые, короткопризматические кристаллы, зернистые, массивные агрегаты. Наблюдаются двойники по (110) и редко по (031) и (111). Цвет латунно-желтый до серебрино-белого. Излом неровный. Хрупкий, с сильным металлическим блеском. Твердость—2,5—3. Уд. вес 9,24.

В отраженном свете калаверит характеризуется кремово-желтым цветом, по сравнению с пиритом светлый, с сильванитом—более желто-кремовый (сильванит белесоватый). Интенсивность отражения выше, чем у пирита, но ниже, чем у золота, алтанта. Для желтых лучей коэффициент отражения составляет 61%. R_p калаверита близок к R_g сильванита (рис. 119). В таких сечениях

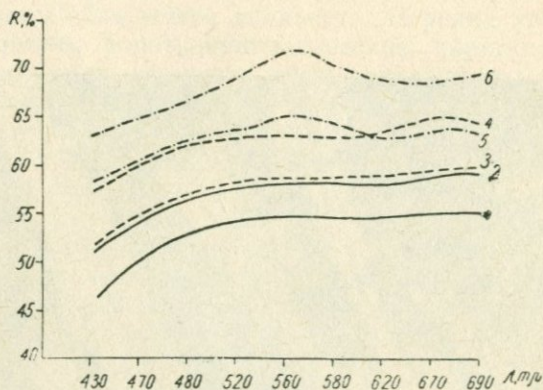


Рис. 119. Спектры отражения сильванита (1, 2), калаверита (3, 4) и креннерита (5, 6). По Ш. О. Амрияну.

они сходны и по цвету. Двуотражение слабое в воздухе, усиливается в иммерсии, особенно у зернистых агрегатов. Отчетливо анизотропный, в зернистых агрегатах сильно. Анизотропия с цветным эффектом от светло-кремово-желтого до темно-коричневого. Низкой твердости. Рельеф ниже, чем у золота, галенита, но выше, чем у гессита. Микротвердость: $H_{ср1} = 61,2$ кгс/мм², $H_{ср2} = 92$ кгс/мм². Спайность наблюдается в одном направлении.

От HNO_3 на поверхности минерала образуется светло-коричневый налет, от царской водки и FeCl_3 становится коричневым.

Локальными микроспектральными анализами в минерале обнаружены: золото, теллур (много), серебро, висмут, свинец, сурьма (следы). Последние связаны с ассоциирующими минералами, которые тесно срastaются с калаверитом. Не исключена возможность изоморфного замещения золота серебром.

В рудах золоторудных месторождений калаверит представлен пластинчатыми и зернистыми агрегатами размером 0,01—0,1 мм, нередко до 2—3 мм (Меградзор).

Результаты рентгенометрических исследований калаверита из Зодского, Меградзорского и Гамзачиманского месторождений приводятся в табл. 103. Следует отметить, что рентгенометрическими измерениям подверглись шарики, высверленные под микроскопом, при этом преобладающей фазой в шарике был описанный минерал, но вместе с тем обычно с ним встречаются и другие теллуриды золота и серебра, поэтому среди линий калаверита встречаются линии тесно срastaющихся с ним минералов (сильванита, креннерита, гессита и петцита).

Калаверит установлен в рудах Зодского (Амирян Ш. О., 1960, 1974), Меградзорского (Карапетян А. И., Амирян Ш. О., 1964), Анкаванского (Карапетян А. И., 1961), Гамзачиманского (Амирян Ш. О., 1966), Шаумянского (Пароникян В. О., 1967), Калерского (Меликсетян Б. М. и др., 1960) месторождений. В основном это средне-низкотемпературные полисульфидные и золото-теллуровые руды с кварцем и карбонатом. Калаверит ассоциирует с галенитом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом, блеклыми рудами, висмутином, алтаитом, золотом в медно-молибденовых и полиметаллических рудах и теллуридами висмута, никеля, серебра, ртути, золота, меди в рудах золоторудных месторождений. Обычными парагенезисами для калаверита являются: калаверит-сильванит, калаверит-сильванит-креннерит, калаверит-сильванит-гессит-петцит.

На Меградзорском месторождении калаверит образует каемки вокруг агрегатов и зерен сильванита, проникая в них, нередко замещая двойникованные зерна сильванита. Здесь он тесно срastaется с креннеритом. На Зодском месторождении калаверит образует сростки с креннеритом, гесситом, мелонитом, сильванитом, теллуrowисмутитом и другими теллуридами. Совместное образование калаверита и креннерита происходило после сильванита, но до гессита, самородного золота и петцита. Теллуриды золота и серебра отложились после теллуридов висмута, свинца, никеля, так как последние замещаются ими.

В рудах золото-полиметаллических и медно-молибденовых месторождений ассоциация теллуридов приурочена к концу

Межплоскостные расстояния калаверита*

1	d α /n	1	d α /n	1	d α /n
5	(3,30)	2	3,75	9	3,03
10	2,98	6	3,37	10	2,87
5—6	2,90	2	3,25	9	2,05
4	(2,32)	10	2,92	8	1,881
4	2,21	5	2,29	8	1,762
8—9	2,09	9	2,07	6	1,692
3	2,06	2	1,961	7	1,610
3—4	1,963	1	1,877	9	1,541
4	1,905	9	1,768	6	1,466
4	1,686	7	1,701	7	1,348
6	1,515	4	1,477	9	1,315
4	1,471	2	1,458	3	1,232
2	1,404	7—6	1,353	6	1,202
3	1,353	8	1,318	5	1,136
2	1,330	8	1,203	4	1,100
3	1,314			2	1,046
3	1,268			5	1,003
3	1,233			6	0,986
4ш	1,216			5	0,937
5	1,200			4	0,912
				4	0,893
				3	0,854
				5	0,830
				5	0,823

* Анализы выполнены в рентгеновской лаборатории ИГН АН АрмССР Э. Х. Хуршудян. 1. Меградзорское месторождение (условия съемки: УРС—55, Fe α_3 —излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 3 ч.). 2. Зодское месторождение (условия съемки: УРС—55, Cu-Ni—излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 14 ч.). 3. Гамзачиманское месторождение (условия съемки: Fe-Mn—излучение, D—57,3; резиновый шарик, эксп. 14 ч.).

полиметаллической стадии минерализации, где последовательность отложения теллуридов золота сохраняется. По-видимому, во всех случаях физико-химические условия образования группы теллуридов, особенно золота и серебра сходны. Но следует отметить о резко различном количественном проявлении теллуридов золота и серебра в рудах различных формаций. В большом количестве они проявляются в рудах золоторудных месторождений. Кроме того, руды золоторудных месторождений характеризуются комплексом теллуридов золота, висмута, серебра, свинца, никеля, меди, ртути, а руды других формаций характеризуются ограни-

ченными видами теллуридов, обычно только теллуридами серебра, висмута и свинца.

Калаверит в рудах Армянской ССР представляет интерес как источник Au и Te.

Креннерит — AuTe_2 . Ромбическая сингония. Образует короткопризматические, зернистые агрегаты. Цвет серебряно-белый, до светло-латунно-желтого. Непрозрачный, хрупкий, с сильным металлическим блеском. Спайность по (001) отчетливая (в противоположность калавериту). Твердость 2,5, уд. вес 8,62.

В отраженном свете цвет минерала кремово-белый со слабым желто-розовым оттенком. Интенсивность отражения для зеленых лучей составляет 63%, желтых—64,5%, красных—66% (средние значения). Слабо двуотражает (в иммерсии усиливается). Заметно анизотропный с цветным эффектом в светло-серых, желтовато-коричневых тонах. Рельеф ниже, чем у мелонита, калаверита, но выше, чем у алтаита, гессита, петцита. Микротвердость: $H_{\text{ср1}} = 36,7$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 62,5$ кгс/мм². Спайность при хорошем освещении заметна в двух направлениях.

Химический теоретический состав: Au—43,59%, Te—56,41%.

От HNO_3 становится светло-коричневым, бурым, от HCl —слабо желтым, от KOH —сери-бурым, коричневым.

Локальными микроспектральными анализами в минерале определены Au, Te (основа), Ag, Bi, Sb, Pb, As. Последние связаны с механической примесью, а серебро, кроме того—в виде изоморфной. За счет креннерита и других теллуридов золота в зоне окисления образуется супергенное золото (Зод).

Рентгенометрическими анализами (табл. 104) подтвержден креннерит из Зодского, Меградзорского и Гамзачиманского месторождений. Следует отметить о наличии в рентгенограммах также линий срастающихся с креннеритом минералов—калаверита, сильванита, гессита и петцита.

Креннерит установлен в рудах Каджаранского (Фарамазян А. С., 1958), Зодского, Меградзорского, Гамзачиманского (Амирян Ш. О., 1960, 1966; Карапетян А. И., Амирян Ш. О., 1964) месторождений. На Каджаранском месторождении креннерит установлен в полиметаллических рудах в ассоциации галенита, сфалерита, самородного золота, гессита, петцита, алтаита, теллуrowисмутита, самородного теллура и блеклых руд. Группа теллуридов приурочена к концу полиметаллической стадии минерализации.

На золоторудных месторождениях Зод, Меградзор и Гамзачиман креннерит в основном находится в ассоциации теллуридов золота, серебра, висмута, ртути, свинца, меди и никеля. На Гамзачиманском месторождении парагенезисы теллуридов приуроче-

ны к полиметаллическим рудам, а на Зодском и Меградзорском они являются продуктами самостоятельной стадии минерализации.

Таблица 104

Межплоскостные расстояния креннерита*

Меградзорское месторождение				Зодское месторождение				Гамзачиманское месторождение			
I	dz/n	I	dz/n	I	dz/n	I	dz/n	I	dz/n	I	dz/n
1	3,94	6	1,474	3	(3,31)	3	1,474	6	(3,35)	6	1,141
4	(3,32)	6	1,404	2	(3,13)	2	1,431	10	2,91	4	1,048
10	3,02	3	(1,331)	10	2,97	2	1,397	10	2,07	6	1,003
5	2,94	5	1,317	7	2,88	4—5	1,345	1	(1,973)	8	0,989
4	(2,46)	6	1,272	1	2,33	4—5	1,316	1	(1,873)	6	0,937
4	(2,32)	3	1,236	2	(2,27)	3	1,267	10	1,781	5	0,995
9	2,23	4	1,216	3	(2,21)	1—2	1,234	8	1,700	4	0,857
9	2,11	5	1,202	9	2,09	1 раз	1,215	2	1,626		
5	2,06	1	1,166	4	2,05	3 раз	1,201	2	1,541		
1	2,02	3	1,121	6	2,02	2	1,140	6	(1,473)		
6	1,963	2	1,084	2	1,840	1—2	1,122	6	1,355		
2	1,916	2	1,066	7	1,771	1 раз	1,086	8	1,322		
7	1,780	3ш	1,050	4ш	1,690	1 раз	1,053	8	1,207		
6	1,690	1ш	1,036	5—6	1,514	1 раз	1,020				
7	1,520	3ш	1,020								
2	1,502										

* Условия съемки: Fe α_r 2R=57,3, шарик, T=14—17 ч.

Анализы выполнены в ИГН АН АрмССР, аналитик Э. Х. Хуршудян.

Широко представленными парагенезисами для креннерита являются минералы системы Au—Ag—Te креннерит-калаверит-ильванит, креннерит-ильванит-гессит-петцит; креннерит-ильванит, креннерит-калаверит. Но вместе с тем он нередко проявляется в ассоциации с алтантом, мелонитом, теллуrowисмутитом, колорадоитом, нагнагитом и другими теллуридами.

Креннерит образует аллотриоморфнозернистые агрегаты в друзовых полостях и полях кварца и сульфидов. Размер агрегатов составляет 0,01—1,0 мм. Сплошные агрегаты теллуридов Au и Ag нередко имеют размер 2—3 и более сантиметров. Среди теллуридов золота является менее распространенным, при этом он больше всего встречается в сравнительно низкотемпературных золоторудных месторождениях верхнетретичного возраста. Представляет некоторый интерес как источник Au и Te.

Сильванит — AuAgTe₄, моноклинная сингония. Образует короткопризматические, тонколистоватые выделения и зернистые

агрегаты. Спайность по (010) совершенная, хрупкий. Твердость 1,5—2, уд. вес 8,16. Непрозрачный, с сильным металлическим блеском. Цвет серебряно-белый.

Химический теоретический состав: Au—24,19%; Ag—13,22%;
Te—62,59%.

В отраженном свете кремово-белый, кремовый оттенок хорошо виден при Rg, по сравнению с креннеритом и калаверитом беловатый—кремовый, желто-кремовый оттенок у калаверита и креннерита выражен более четко. Интенсивность отражения колеблется в больших пределах для различных сечений и направлений. Коэффициент отражения составляет 43—60% для различных частей спектра и сечений. В результате большого значения ΔR (25—30%) минерал сильно двуотражает, особенно на сдвоенных зернах и зернистых агрегатах, при этом хорошо выражен цветной эффект двуотражения от светло-кремово-белого до темно-коричневого, бело-коричневого. Сильно анизотропный с цветным эффектом от грязно-серо-коричневого до светло-серого, серо-белого.

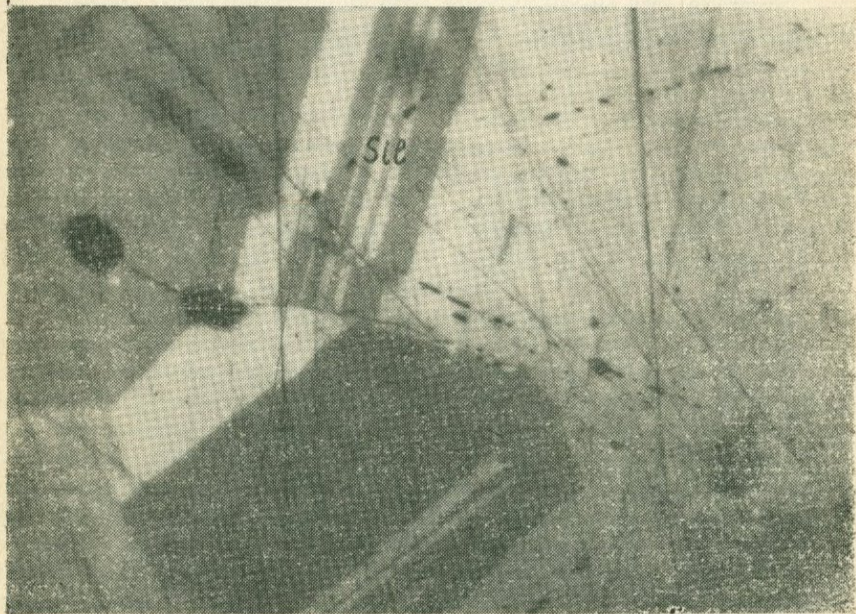


Рис. 120. Полисинтетические двойники сильванита (Sil). Аншлиф, $\times 210$. Месторождение Меградзор. По Ш. О. Амиряну.

Твердость низкая. Рельеф выше, чем у гессита, петцита, калаверита, алтаита. Спайность наблюдается в двух направлениях. Характерны полисинтетические двойники, которые наблюдаются даже на самых маленьких выделениях (рис. 120). Четко выраженная тенденция к сдвойникованию является характерной чертой сильванита и легко отличает его от других теллуридов золота. Твердость по микровдавливанию составляет: $H_{ср1} = 139,8$ кгс/мм², $H_{ср2} = 148,4$ кгс/мм².

Химическими и спектральными анализами в сильваните из Меградзорского месторождения определены: Au—23,3—23,8 %, Te—60,83 %, Se—0,2 %, Ag—12,7 %, Fe—0,71 %, As—0,015 %, S—0,08 %, Cu—0,002 %, Sb—0,03 %, Bi—0,21 %, Pb—0,33 %, н. о.—1,4 % (сумма 99,907 %).

Рентгенограмма сильванита (табл. 105) сходна с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

По сравнению с другими теллуридами золота сильванит распространен широко. Установлен в рудах различного температур-

Таблица 105

Межплоскостные расстояния сильванита*

Меградзорское месторождение				Зодское месторождение			
l	d α n	l	d α n	l	d α n	l	d α n
1	3,79	5	1,520	1	7,10	3	1,527
3	(3,34)	1	1,492	1	5,06	1	1,501
2	3,13	1	(1,462)	3	4,30	1	1,482
10	3,02	1	1,416	2	3,13	2	1,467
5	2,97	2	1,408	10	3,03	1	1,415
4	(2,46)	9	1,370	5	2,97	2	1,407
3	(2,37)	3	1,345	2	2,83	3	1,370
3	2,28	4	1,322	7	2,79	1	1,349
6	2,23	2ш	1,270	4	(2,46)	3	1,389
6	2,14	3	1,243	3	2,31	1	1,272
4	2,10	3	1,225	3	2,29	1	1,234
3	2,07	2	1,213	6	2,23	1	1,219
5	(1,970)	3	1,194	6	2,19	1	1,191
3	1,845	1	1,144	3	2,09	1	1,084
5	1,787	1	1,134	3	2,06	1	1,049
3	1,718	3ш	1,091	2	1,942	1	1,042
5	(1,673)	3ш	1,084	2	1,892		
1	2,540	3ш	1,053				

* Условия съемки: Fe, $K_{\alpha 3}$ 2R=57,3, 2 θ =0,5 мм. T=25,5—27°

Анализы выполнены в ИГН АН АрмССР, аналитик Э. Х. Хуршудян.

ного диапазона—Калерского (Б. М. Меликсетян и др., 1960) и Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961) медно-молибденовых, Зодского, Гамзачиманского и Меградзорского (Амирян Ш. О., 1960, 1966, 1974; А. И. Карапетян, Ш. О. Амирян, 1964) золоторудных месторождений.

В рудах Калерского и Анкаванского месторождений силъванит тесно ассоциирует с теллуrowисмутитом, гесситом, алтанитом и проявляется в продуктах полиметаллической стадии минерализации. В рудах золоторудных месторождений, кроме перечисленных теллуридов, в ассоциации силъванита участвуют также калаверит, креннерит, петцит, мелонит, самородное золото, самородный теллур, колорадоит и другие, которые являются результатом самостоятельной золото-теллуrowой стадии минерализации. В отмеченных случаях силъванит образует удлиненные, шестоватые, хорошо раскристаллизованные зерна и зернистые агрегаты в полостях идиоморфных зерен кварца, пирита, арсенопирита, галенита и других минералов. Размер агрегатов нередко доходит до 2—3 см (Меградзор). Среди теллуридов золота и серебра является одним из ранних. Агрегаты силъванита окаймляются калаверитом, креннеритом, гесситом и петцитом. Имеет практическое значение как источник золота и серебра, также теллура.

Петцит— Ag_3AuTe_3 . Кубическая сингония, по другим данным (Н. Д. Синдеева, 1964) возможна и низкотемпературная ромбическая модификация. Температура превращения по Красек и Ксанда (Красек, Ksanda, 1940), $210 \pm 10^\circ\text{C}$. По Фру обратное превращение происходит в пределах $150\text{—}250^\circ\text{C}$ (Fruch, 1959). Хрупкий, непрозрачный минерал. Излом неровный. Твердость 2,5—3, удельный вес 8,7—9,13. Блеск металлический. Цвет от стального-серого до железо-черного.

Интенсивность отражения и цвет петцита сходны с галенитом. Интенсивность отражения чуть ниже галенита, а цвет несколько сероватый. По сравнению с гесситом слегка голубоватый (гессит коричневатый). От галенита отличается отсутствием треугольников выкрошивания. Коэффициент отражения для зеленых лучей составляет 40%. Он повышается в сторону синей части спектра, поэтому под микроскопом характеризуется голубоватым оттенком. Встречаются изотропные (Зод) и анизотропные (Меградзор) разновидности. Спайность не наблюдается. Твердость как у гессита и алтаита, чуть выше гессита и ниже алтаита. Твердость по микродавлению: $H_{\text{cp}} = 51\text{—}53$ кгс/мм².

От HNO_3 вскипает, от FeCl_3 слабо иризирует (радужный налет), от HgCl_2 покрывается радужным налетом.

Микроспектральным анализом в минерале определены золото, серебро, теллур (основа), висмут, сурьма, никель, свинец,

ртуть (следы). Последние связаны с ассоциирующими минералами.

Спектральным анализом в петците из Меградзорского месторождения определены: Au, Ag, Te > 10%, Bi—0.003%, Cu, Pb > 3%, Zn—0.01%; Pb, Cu, Zn связаны с галенитом, халькопиритом, сфалеритом и блеклыми рудами.

Результаты рентгенометрических измерений приведены в табл. 106 и сходны с эталоном (В. И. Михеев, 1957).

Петцит установлен в рудах Кафанского (Э. А. Хачатурян, 1958) медноколчеданного, Каджаранского (А. С. Фармазян, 1958) и Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961) медно-молибденовых, Зодского, Гамзачиманского (Ш. О. Амирян, 1960; 1966, 1974) и Меградзорского (А. И. Карапетян, Ш. О. Амирян, 1964) золоторудных месторождений.

Встречается в ассоциации и тесном сростании с гесситом, алтаитом, теллуrowисмутитом, силъванитом, калаверитом, самород-

Таблица 106

Межплоскостные расстояния петцита

Меградзорское месторождение*				Зодское месторождение**			
I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
3	2,99	5	1,276	3	3,62	3	1,497
10	2,77	5	1,210	2	3,24	4	1,465
2	2,57	6	1,175	4	(3,03)	3	1,441
7	2,44	8	1,136	3	2,97	3	(1,406)
7	2,32	4	1,119	10	2,75	6	1,387
9	2,11	2	1,108	2—3	(2,68)	7—8	1,316
8	2,04	4	1,094	2—3	(2,53)	4	1,295
8	1,892	5	1,072	6	2,42	5	1,271
7	1,828	4	1,050	7	(2,31)	2	1,234
1	1,687	1	1,026	4	(2,24)	4	1,206
1	1,631	2	1,009	9	2,11	4	1,175
5	1,565	5	0,990	8	2,03	2	1,147
6	1,530	3	0,965	6	1,897	3	1,132
5	1,499	4—5	0,926	5	1,830	2	1,118
6	1,469	3	0,897	1	(1,722)	2	1,105
4—5	1,440	4	0,883	2	(1,683)	3	1,090
5	1,409	3—4	0,870	2	(1,620)	4	1,071
1	1,387	3	0,860	4	1,565	3	1,050
10	1,320	2	0,837	5	(1,528)		
4	1,300	3	0,825				

* Анализы выполнены в ИГН АН АрмССР, аналитик Э. Х. Хуршудян. Условия съемки: Cu-Ni—излучение, 2R=57,3; 2r= 0,5 мм, T=27 ч.

** Условия съемки: Fe α_3 , 2R=57,3, 2r=0.5 мм, T=19,5 ч.

ным золотом, а на отдельных месторождениях—также с галени-
том, сфалеритом, блеклыми рудами, халькопиритом и пиритом.
Образует аллотриоморфнозернистые агрегаты размером 0,005—
0,1 мм, нередко 1 и более см. Нередки тесные сростки петцита с
гесситом, который содержит тонкие включения золота. Вероятно,
в таких случаях гессит образуется за счет петцита, при этом вы-
свобожденное золото образует тонкие включения и прожилочки
в полях гессита. Совместно с гесситом являются наиболее позд-
ними теллуридами, в последовательности отложения минералов.

На Меградзорском месторождении преобладающими минера-
лами системы Au—Ag—Te являются силъванит и петцит, осталь-
ные имеют подчиненное значение, а на Зодском, наоборот, преоб-
ладают калаверит, креннерит и гессит, встречается также само-
родный теллур.

Петцит представляет интерес как источник Au, Ag и Te.

Эмпрессит (?)— $\text{Ag}_{5-x}\text{Te}_3$ Гексагональная сингония. Хруп-
кий, излом полураковистый. Спайности нет. Цвет свинцово-серый
с бронзовым оттенком. Блеск металлический. Твердость 3—3,5,
уд. вес 7,61. Образует сплошные тонкозернистые скопления.

В отраженном свете цвет минерала слабо зеленоватый, по
сравнению с галенимом сине-белый, серый. По цвету сходен с пет-
цитом. Интенсивность отражения как у галенита, незначительно
ниже. Двухотражение заметно довольно четко (от светло-серого до
голубовато-белого). Анизотропия с цветным эффектом в бело-
желто-зеленых, коричнево-темно-синих тонах. Твердость низкая.
Рельеф выше петцита и гессита, ниже галенита. Полируется хоро-
шо не по всем срезам. Твердость по микровдавливанию: $H_{\text{ср}} = 55—$
60 кгс/мм². Представлен тонкозернистыми агрегатами размером
0,01—0,5 и более мм. Замещает силъванит, калаверит, теллуровис-
мутит и алтаит.

Химический состав: Ag—45,17%, Te—54,75%, Fe—0,22%
(рудник Эмпрес-Джозефин).

От HNO_3 вскипает, от HCl и FeCl_3 образуются иризирующие
пятна. Локальными микроспектральными анализами в минерале
определено много серебра и теллура, а также примеси золота,
висмута, свинца, меди.

Эмпрессит мало распространенный минерал. Возможно, в от-
дельных случаях сходные с гесситом и особенно петцитом свойст-
ва эмпрессита не позволяют отличить его от указанных минера-
лов. В Армянской ССР эмпрессит установлен на Меградзорском
месторождении, где он ассоциирует с петцитом, гесситом, само-
родным золотом, алтаитом, силъванитом, калаверитом и кренне-
ритом (Амирян Ш. О., 1968, 1970). Вся эта гамма теллуридов на-

ложена на полиметаллическую ассоциацию и замещает галенит, теннантит, тетраэдрит, сфалерит, пирит, халькопирит и другие минералы. Он образует тонкие прожилочки в силъваните или же развивается по галениту, где контакт представлен тонкой оторочкой силъванита; все это указывает на позднее образование эмпрессита по сравнению с другими теллуридами золота. Наиболее тесно он сростает с петцитом и гесситом. В таких случаях от гессита отличается цветом (гессит серо-коричневого цвета), цветным эффектом анизотропии (у гессита пурпурные цвета и пятнистая анизотропия), несколько повышенной интенсивностью отражения. От петцита отличается заметным двуотражением, анизотропией, повышенной твердостью, отсутствием золота или его незначительным содержанием в результатах микроспектрального анализа.

Эмпрессит образует сложные графические структуры замещения с калаверитом, креннеритом, силъванитом, петцитом и гесситом.

Нагиагит— $Pb_5Au(TeSb)_4S_{-8}$ (?) Моноклинная сингония, но ясно выражено псевдотетрагональная. По (010) совершенная спайность. Цвет темно-свинцово-серый. Черта черная. Блеск металлический. Непрозрачный. Чаше листоватый, реже массивно-зернистый. Кристаллы искривленные. Нередко со сложными двойниками. Твердость 1—1,5, уд. вес $7,4 \pm 0,05$.

В отраженном свете—светло-серый, по сравнению с алтаитом и теллуrowисмутитом—серый, темно-серый, с гесситом—серый с голубоватым оттенком, по сравнению с галенитом—чуть темнее. Интенсивность отражения для желтых лучей составляет 39—40%. Двуотражение заметно в иммерсии. Слабо до ясно анизотропный. Твердость низкая. Со спайность. Погасание близко к прямому. Твердость по микровдавливанию составляет: $H_{ср1} = 106$ кгс/мм², $H_{ср2} = 118,5$ кгс/мм². Рельеф выше, чем у алтаита и пильзенита, с которыми тесно сростает. Находится в виде пластинчатых, листоватых агрегатов, где отдельные выделения имеют прямоугольные очертания.

От HNO_3 образуется призирующий налет, от царской водки частично призирует. Спектральный анализ смеси нагиагита с другими теллуридами, кроме золота, теллура и серебра, показал значительное количество свинца и сурьмы (3%). Микроспектральными анализами в минерале установлены: Pb, Te, Sb, Au, Ag. Микрохимия на Pb и Te положительна. Рентгенометрически подтверждены нагиагиты из Зодского и Меградзорского месторождений (табл. 107).

Нагиагит установлен в рудах Зодского (Ш. О. Амирян, 1960, 1974), Меградзорского (А. И. Карапетян, Ш. О. Амирян, 1964)

золоторудных и Анкаванского (А. И. Карапетян, 1961) медно-молибденового месторождений.

На Зодском месторождении нагиагит ассоциирует с теллуридами золота, свинца, никеля, ртути, а также с бурнонитом, буланжеритом, галенитом и пиритом. Интересно его участие в сложных графических структурах замещения, где сульфосоли свинца и сурьмы являются более ранними образованиями. По-видимому, в таких случаях нагиагит образуется под влиянием золото- и теллуродержащих растворов, где свинец и сурьма заимствуются из ранее отложенных минералов. В графических структурах замещения раньше образуются теллуrowисмутит, алтант, тетрадимит, а затем нагиагит и другие теллуриды. По всей вероятности, здесь действует закон преимущественного сродства тяжелых элементов с теллуrom (Щербина В. В.).

Таблица 107

Межплоскостные расстояния нагиагита

Зодское месторождение				Меградзорское месторождение			
I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n	I	d α /n
1	3,62	2	1,650	6	4,32	1	1,573
1	3,37	9	1,509	4	3,69	3	1,536
10	2,99	4	1,459	1	3,37	1	1,501
2	2,90	1	1,380	2	3,08	1	1,415
8	2,82	2	1,340	5	3,04	4	1,387
4	2,60	4	1,287	1	2,87	5	1,320
8	2,45	5	1,216	10	2,79	3	1,301
1	2,32	4	1,193	2	2,59	1	1,277
6	2,05	2	1,136	4	2,46	1	1,229
1	2,01	2	1,113	6	2,34	2	1,211
2	1,906	3	1,078	1	2,26	1	1,095
6	1,810	3	1,072	7	2,13	1	1,049
6	1,698	2	1,040	6	2,06	1	1,019
				4	1,906	1	1,014
				2	1,843	1	1,005
				2	1,702	1	1,000
				1	1,628	1	1,985

* Условия съемки: Cu-Ni, 2R=57,3, 2 τ =0,4 мм и шарик. Для Зодского нагиагита анализ выполнен в ИГН АН АрмССР, аналитиком Э. Х. Хуршудян, а Меградзорского—в ЦНИГРИ (П. С. Бернштейн и др., 1968).

На Меградзорском и Анкаванском месторождениях нагиагит ассоциирует с теллуридами висмута, свинца, золота и серебра, которые наложены на полиметаллические и медно-мышьяковые руды.

Нагиагит образует зернистые агрегаты размером до 0,5—1 мм, где четко отличаются пластинчатые, прямоугольные выделения. Обычно наблюдаются искривленные и сложно сдвойникованные выделения. Наиболее тесно он срастает с теллуrowисмутитом, алтаитом, самородным золотом, сильванитом и другими теллуридами. Обычно встречается в таких участках рудных тел, которые характеризуются многократным наложением рудных растворов и сложным минеральным составом руд.

Представляет интерес как один из источников золота в рудах. **Риккардит**— $\text{Cu}_{1-x}\text{Te}_2$. Тетрагональная сингония. В свежем изломе фиолетово-красный. Непрозрачный, хрупкий. Твердость 3—3,5. Уд. вес 7,54—7,6. Блеск металлический.

В отраженном свете риккардит характеризуется своеобразным пурпурно-красным, серо-фиолетовым, оранжевым цветом. Интенсивность отражения составляет 20—22%, она выше сфалерита, но ниже блеклой руды. Сильно двуотражающий в красных, фиолетово-серых тонах. Сильно анизотропный—в желтых, коричнево-красных тонах. Твердость низкая. Рельеф выше вейссита, равен рельефу самородного золота. Наблюдается спайность. Твердость по микровдавливанию составляет: $H_{\text{ср1}} = 54,5$ кгс/мм², $H_{\text{ср2}} = 65,8$ кгс/мм². Микрохимические испытания на Cu и Te положительны. Локальным микроспектральным анализом в минерале определены: Cu, Te (много), Au, Fe, Pb, Bi, Ag (следы).

От HNO_3 вскипает, чернеет, от HCl —покрывается серо-коричневым налетом, FeCl_3 и KCN —помутнение, HgCl_2 , KOH —призрирующий налет.

Риккардит встречается весьма редко. Обнаружен в рудах верхних горизонтов Зодского золоторудного месторождения (Т. А. Твалчрелидзе, 1959) в ассоциации с вейсситом, самородным золотом, теллуrowисмутитом, теллуридами золота и серебра, свинца и вторичных минералов зоны окисления. Образует зернистые агрегаты размером 0,01—0,05 мм, приуроченные к полуокисленным выделениям теллуrowисмутита, калаверита и мелонита. Ассоциация риккардита с вторичными продуктами теллуридов и сульфидов указывает на его гипогенное происхождение. Но этим не исключается наличие гипогенного риккардита, так как нередко он встречается также в ассоциации с первичными теллуридами, не затронутыми процессами окисления. Риккардит практического значения не имеет.

Волинскит— AgBiTe_2 (?). Новый теллурид висмута и серебра. Обнаружен М. С. Бессмертной и Л. Н. Соболевой в рудах Зодского золоторудного месторождения, где он ассоциирует с теллуrowисмутитом, алтаитом, гесситом, нагиагитом, самородным зо-

лотом и другими теллуридами, замещающими арсенопирит, галенит, бурнонит и другие сульфиды и арсениды. Тесные сростки он образует с теллуrowисмутитом, алтаитом, гесситом и пильзенитом.

Под микроскопом в полированных шлифах по интенсивности отражения и цвету при наблюдении с сухими объективами волюнскит похож на теллуrowисмутит. В иммерсии теллурид висмута и серебра по общей освещенности занимает промежуточное положение между теллуrowисмутитом и галенитом. Цвет минерала бледно-пурпурный с фиолетовым оттенком. Интенсивность отражения в масле для различных частей спектра колеблется в пределах от 40,7 до 45,4%, при этом высокие значения характерны для красной части спектра.

При скрещенных николях минерал слабо анизотропен. Двухотражение слабое. Полируется хорошо и по отношению к теллуrowисмутиту, алтаиту и гесситу обладает несколько повышенным рельефом. Спайность совершенная в одном направлении и несовершенная в двух других направлениях. Наблюдаются редкие треугольники выкрошивания.

Локальными микроспектральными анализами на LMA-1 в минерале обнаружены; Bi, Ag, Te, Sb, Pb. Для минерала получена (М. С. Бессмертная и Л. Н. Соболева, 1963) рентгенограмма (табл. 108). Определение минерала, в силу незначительности выделений (менее 0,3 мм), проводилось главным образом оптически-диагностическими признаками, микроспектральными и рентгенометрическими испытаниями. Химическая формула высчитана на основании количественного микроспектрального анализа. Для расчета формулы в качестве эталона были использованы теллуrowисмутит и гессит, которые ассоциируют и тесно сростают с ним.

Таблица 108

Межплоскостные расстояния волюнскита из Зодского месторождения (один из семи анализов)*

l	dα/n	l	dα/n	l	dα/n
1	3.86	4	2.25	1	1.45
1	3.70	3	2.17	1	1.41
1	3.43	2	1.82	1	1.37
1	3.28	1	1.74	1	1.28
10	3.17	1	1.61	1	1.05
1	2.87	1	1.55	1	1.03
1	2.37	1	1.49	1	1.00

* Условия съемки: Cu-Ni 2R=57,3, 2г—шарик (М. С. Бессмертная и др., 1963).

к разделам III, IV, V (сульфиды, сульфосоли, теллуриды)

- Абовян С. Б., Пароникян В. О., Матевосян А. Ш. Геология, рудоносность и минералого-геохимические особенности пород Амасийского рудного района Армянской ССР. Изд. ВИНТИ, 1971.
- Авакян А. А. Типоморфные свойства пирита из главнейших типов сульфидных руд Армянской ССР (автореф. канд. дисс.), 1965.
- Амирян Ш. О., Акопян А. Г. О золоторудной минерализации на одном сурьмяно-полиметаллическом месторождении Айодзорского рудного района. Научн.-техн. сб., Ереван, № 3—4, 1963.
- Амирян Ш. О., Карапетян А. И. Минералого-геохимическая характеристика Меградзорского золоторудного месторождения Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, т. XVII, № 2, 1964.
- Амирян Ш. О., Карапетян А. И. Минеральный состав Меградзорского золоторудного месторождения. В кн. «Экспериментально-методические исследования рудных минералов», М., «Наука», 1965.
- Амирян Ш. О. К минералогии золоторудной минерализации Гамзачиманского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 3, 1966, с. 72—80.
- Амирян Ш. О. Некоторые новые данные по минералогии и геохимии руд Личквазского золоторудного месторождения. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», т. XIX, № 6, 1966.
- Амирян Ш. О. Некоторые черты металлогении золота и золотоносные ассоциации минералов в Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле», т. XXI, № 4, 1968.
- Амирян Ш. О. Зодское золоторудное месторождение. В кн. «Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР», Изд. АН АрмССР, Ереван, 1974.
- Арапов Ю. А. Особенности генезиса и минералогии скарнов некоторых районов Армянской ССР. Изв. АН АрмССР (естеств. науки), № 2, 1946.
- Афанасьева Е. Л., Авгитов А. К. Новые данные о минералах теллура в одном из медноколчеданных месторождений Закавказья. Изв. высш. уч. завед., «Геология и разведка», № 1, 1963.
- Баситова С. М. Распространение рения в молибденитах. Сб. «Рений», Изд. АН СССР, 1961.
- Бессмертная М. С., Соболева Л. Н. Новый теллурид висмута и серебра, установленный новейшими микрометодами. Тр. ИМГРЭ, вып. 18, 1963.
- Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии. Минер. сборник Львовского геол. об-ва, № 6, 1952.
- Бетехтин А. Г. Минералогия, Госгеолиздат, М, 1950.
- Ванюшин С. С. Геологические условия формирования штокверков в Кафанском рудном поле. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, т. X, № 4, 1957.

- Вейц Б. И., Покровская И. В. Минералогия полиметаллических месторождений Рудного Алтая. Изд. АН КазССР, т. 1, 1957.
- Волинский И. С., Логинова Л. А. Сравнительная количественная характеристика оптических постоянных некоторых «розовых» сульфидов. Тр. ИМГРЭ, вып. 6, 1961.
- Гинзбург А. И. и др. Минералы германия и их месторождения. Геология месторождений редких элементов. ВИМС, вып. 5, 1959.
- Григорян Г. О. Об антагонизме в парагенезисе некоторых сульфидных минералов в рудах Армянской ССР. «Геохимия», № 4, 1962.
- Грушевой В. Г. Медные месторождения Алавердского района ССР Армении. Тр. ЦНИГРИ, вып. 36, 1935.-
- Добровольская М. Г., Коджоян А. А., Кортман Р. В. Минеральный состав Шаумянского полиметаллического месторождения и закономерности распределения в них редких и рассеянных элементов. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 2, 1977.
- Жукова А. С. Германий. В кн. «Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов», т. 1, «Геохимия редких элементов», «Наука», 1964.
- Замятин П. М., Чирков И. Н. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение в ССР Армении. «Цветные металлы», № 1. 1937.
- Зарьян Р. Н. Теллуриды и теллурид свинца в рудах Кафанского месторождения. Изд. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, т. XV, № 2, 1962, с. 25—30.
- Зарьян Р. Н. К минералогии руд Аткизского участка Каджаранского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1962.
- Зарьян Р. Н. О стадиях минерализации Кафанского меднополиметаллического месторождения. Изв. АН АрмССР. «Науки о Земле». № 4—5, 1963.
- Зарьян Р. Н. Распределение галлия, индия и кадмия в сфалеритах Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, т. XXV, № 6, 1972.
- Иваницкий Т. В. Геология, минералогия и геохимия свинцово-цинковых и полиметаллических месторождений Грузии. Изд. АН ГССР, Тбилиси, 1963.
- Исаенко М. П. Некоторые типичные минеральные ассоциации медно-мышьяковых и мышьяковых руд Армянской ССР. Геология рудных месторождений, № 2, 1964.
- Исаенко М. П. Минералы молибдена в рудах медно-молибденовых месторождений Малого Кавказа. Изд. высш. уч. завед. «Геология и разведка», № 2, 1966.
- Казанчян А. А. О ртутьносности кварц-карбонатных пород северо-восточного побережья озера Севан. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 6, 1973.
- Каленов А. Д., Аникеева В. И., Масленков С. Б. Германиевые минералы в медноколчеданных рудах. ДАН СССР, т. 149, № 3, 1963.
- Карамян К. А. Алабандин из Дастакертского медно-молибденового месторождения. Изд. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, № 4, 1957.
- Карамян К. А. Германит и реньерит в рудах Дастакертского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.

- Карамян К. А. Структура и условия образования Дастакертского медно-молибденового месторождения. Изд. АН АрмССР, 1961.
- Карамян К. А. Текстуры и структуры руд эндогенных месторождений Зангезура. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1972.
- Карапетян А. И., Гольденберг Г. И. Особенности минерализации Айгедзорского месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол. и геогр. наук, т. XII, № 3, 1959.
- Карапетян А. И. Теллуриды в рудах Анкаванского месторождения. Изд. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, т. 14, № 6, 1961, с. 51—62.
- Карапетян А. И. Штроейерит в рудах Ахталского полиметаллического месторождения. ДАН АрмССР, т. XXXIII, № 5, 1961.
- Карапетян А. И. Количественная характеристика оптических постоянных реньерита и германита. ДАН АрмССР, т. 33, № 3, 1961.
- Карапетян А. И. Реньерит и германит в рудах медноколчеданного месторождения. Зап. ВМО, вып. 3, 1963.
- Карапетян А. И. Сульфовисмутиты меди в рудах Анкаванского месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Карапетян А. И., Амирян Ш. О. Об обнаружении теллуридов золота, серебра, висмута и свинца в рудах Меградзорского золоторудного месторождения ДАН АрмССР, т. 38, № 1, 1964.
- Карапетян А. И. Типы контактового метаморфизма колчеданных руд вдоль пострудных даек Кафанского месторождения. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 4, 1967.
- Карапетян А. И. Сравнительная характеристика минералого-геохимических особенностей главнейших типов руд Раздан-Анкаванской зоны. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 6, 1974.
- Коджоян А. А. О реньерите из Ахталского полиметаллического месторождения Армянской ССР. ДАН АрмССР, т. 34, № 4, 1962.
- Коджоян А. А., Мкртчян Св. С. Условия образования сфалеритов и галенитов на примере колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 4, 1975.
- Котляр В. Н. Структура и генезис Мисханского молибденово-медного месторождения в Армении. Изд. АН АрмССР, сер. техн. наук, № 2, 1946.
- Лебедева С. И. Определения микротвердости минералов. М., Изд. АН СССР, 1963.
- Логинава Л. А. Опыт измерения оптических постоянных германита и реньерита. Тр. ИМГРЭ, вып. 4, 1960.
- Магакьян И. Г., Карапетян О. Т. Мец-дзорское месторождение медно-мышьяково-оловянных руд. Изв. АН АрмССР, сер. техн. наук, № 1—2, 1944.
- Магакьян И. Г. Алавердский тип оруденения и его руды. Ереван. Изд. АН АрмССР, 1947.
- Магакьян И. Г. Энаргит и теннантит из руд медного месторождения. Зап. ВМО, ч. 81, № 4, 1952.
- Магакьян И. Г. Сурьмянистый теллуrowисмутит Зодского золоторудного месторождения. Зап. ВМО, вып. 3, 1957.

- Магакьян И. Г., Пиджян Г. О., Фармазян А. С., Амирян Ш. О. и др. Редкие и благородные элементы в рудных формациях Армянской ССР. Изд. АН АрмССР. Ереван, 1972.
- Магакьян И. Г., Карамян К. А., Мартirosян М. Я., Хуришудян Э. Х. Селенистый метациннабарит (онофрит) из Вартаанского месторождения. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле». № 1, 1978.
- Межлумян Г. Б. Сваранское железорудное месторождение. Изд. АН АрмССР. Ереван, 1974.
- Меликсетян Б. М., Хуришудян Э. Х., Фармазян А. С. Теллуrowисмутит и некоторые другие теллуриды из Калерского месторождения молибденита. ДАН АрмССР, т. 30, № 4, 1960.
- Металлические полезные ископаемые. «Геология Армянской ССР». т. VI, Изд. АН АрмССР. 1967.
- Мидян А. Г. Ассоциации самородного золота, связанные с отдельными магматическими комплексами Армении. Научно-технич. сб., № 4, 1961.
- Мидян А. Г. Ртутоносность территории Армянской ССР и некоторые закономерности размещения ртутных проявлений и ореолов рассеяния киновари. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 4, 1969.
- Минералы. Справочник, т. 1, Изд. АН СССР, М., 1960.
- Минералы Узбекистана. тт. I, II, Изд. ФАН Уз. ССР, Ташкент, 1975—1977 гг.
- Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолиздат, 1957.
- Мкртчян С. С. Калерское месторождение молибденита. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 1, 1959.
- Мкртчян С. С., Карамян К. А., Аревшатян Т. А. Каджаранское медно-молибденовое месторождение. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1969.
- Мовсесян С. А. Пирдоуданское медно-молибденовое месторождение. Изд. Арм. ФАН, Ереван, 1941.
- Пароникян В. О. Алтант из руд Азатекского месторождения. Изв. АН АрмССР. сер. геол.-геогр. наук, т. XIV, № 6, 1961.
- Пароникян В. О. Минералы висмута из полиметаллических руд Айоцзорского рудного района. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, т. XV, № 3, 1962.
- Пароникян В. О. К минералогии Ахтальского полиметаллического месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол.—геогр. наук, т. XV, № 6, 1962.
- Пароникян В. О. Характер минерализации полиметаллической формации руд Айоцзорского рудного района Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, сер. геол.—геогр. наук, т. XVII, № 3—4, 1964.
- Пароникян В. О. О форме нахождения серебра в галенитах некоторых месторождений Армянской ССР. Зап. ВМО, вып. 4, 1967.
- Пароникян В. О. К геохимии благородных и некоторых редких элементов в колчеданной и полиметаллической формациях руд Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле», т. XX, № 5—6, 1967.
- Пиджян Г. О. О псевдоморфозах халькопирита по пириту. Зап. ВМО. № 4, 1950.

- Пиджян Г. О. Ртутное оруденение северо-восточного побережья озера Севан. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, № 3, 1957.
- Пиджян Г. О. О гипогенном борните Дастакертского месторождения. Изв. АН АрмССР, серия геол.-геогр. наук № 5—6, 1957.
- Пиджян Г. О. Германиевые минералы и германиеносные сульфиды одного медно-молибденового месторождения. ДАН АрмССР, т. 30, № 3, 1960.
- Пиджян Г. О. Теллуриды в рудах Агарацкого, Дастакертского и Джиндаринского месторождений. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 4, 1970.
- Пиджян Г. О. Минералы висмута в рудах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле», № 6, 1970.
- Пиджян Г. О. Медно-молибденовая формация руд Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1975.
- Пудовкина И. А. Точные методы определения отражательной способности и твердости рудных минералов. В кн. «Современные методы минералогического исследования горных пород, руд и минералов», Госгеолтехиздат, М., 1957.
- Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. ИЛ. М., 1962.
- Сагателян Э. А. Минералогия свинцово-сурьмяных руд Азатекского месторождения Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, 1961.
- Саркисян С. Ш. Основные черты геологии и генезиса Тандзутского серноколчеданного месторождения. Геол. сб. КИМС, № 2, 1962.
- Саруханиян Л. Б. Минералогия, геохимия и генезис Абовянского апатит-магнетитового месторождения. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1971.
- Синдеева Н. Д. Минералогия, типы месторождений и основные черты геохимии селена и теллура. Изд. АН СССР, М., 1959.
- Твалчрелидзе Т. А. Золото-висмут-теллуровая ассоциация Дамблудского и Зодского месторождений. Геол. сб., № 1, Тр. КИМС, Тбилиси, 1959.
- Фарамазян А. С. К минералогии полиметаллических руд Каджаранского медно-молибденового месторождения. Изд. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, № 6, 1958.
- Фарамазян А. С. Закономерности распределения рения в рудах Каджаранского месторождения. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-географ. наук, т. XIV, № 1, 1961.
- Фарамазян А. С., Акопян А. Г. Рений в некоторых рудопроявлениях Айоцзорского рудного района Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-географ. наук, т. XVI, № 3, 1963.
- Фарамазян А. С., Хурушмян Э. Х. Энаргит и люцонит из Каджаранского медно-молибденового месторождения. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 2, 1963.
- Фарамазян А. С., Хурушмян Э. Х. К вопросу об изоморфизме между молибденом и рением в молибденитах. Докл. АН АрмССР, 37, № 4, 1963.
- Фарамазян А. С., Зарьян Р. Н. Особенности геохимии селена и теллура в рудах Каджаранского рудного поля. Геохимия, № 11, 1964.

- Фарамазян А. С., Калинин С. К., Терехович С. Л. К геохимии элементов платиновой группы в медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изв. АН АрмССР. «Науки о Земле», № 4, 1970.
- Фарамазян А. С. Каджаранское медно-молибденовое месторождение. В кн. Аммирян Ш. О., Фарамазян А. С. «Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР». Изд. АН Арм. ССР. Ереван, 1974.
- Хачатрян Н. С. Некоторые геохимические особенности полиметаллических месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, «Науки о Земле», т. XXIX, № 4, 1976.
- Хачатурян Э. А. О минералогическом составе руд Кафанского месторождения. Изв. АН АрмССР, серия геол.-геогр. т. XI, № 6, 1958.
- Хачатурян Э. А. Алтант и петцит в рудах Кафанского месторождения. ДАН АрмССР, т. XXV, 1958.
- Хачатурян Э. А., Коджоян А. А. Об обнаружении реньерита на одном из полиметаллических месторождений Армянской ССР. Изв. АН АрмССР, сер. геол.-геогр. наук, № 3—4. 1960.
- Хачатурян Э. А. Минералогия, геохимия и генезис руд колчеданной формации Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1977.
- Хурушдьян Э. Х., Геворкян С. В. К вопросу о рентгенометрической диагностике реньерита. ДАН АрмССР, т. 35, № 2, 1962.
- Хурушдьян Э. Х. К вопросу об условиях образования ромбоэдрической модификации молибденита. ДАН СССР, 171, № 1, 1966.
- Шутлив Ф. А. Зангезурское медно-полиметаллическое месторождение в Армении. Тр. МГРИ, т. 20, 1940.
- Щербина В. В., Зарьян Р. Н. Парагенезис теллуридов серебра как минералов в системе Ag-Au-Te. «Геохимия», № 7, 1964.
- Эфендиев Г. Х. Гидротермальный рудный комплекс северо-восточной части Малого Кавказа. Изд. АН АзССР, Баку, 1957.
- Яшвили Л. П., Карамян К. А., Джангириян Э. А., Мкртчян Г. А. Марганцевая минерализация Агаракского рудного поля. В кн. «Магматизм и рудообразование Армянской ССР», Сб. Зап. Арм. отд. ВМО, вып. 9, 1978.
- Buerger N. W. The Chalcocite problem. Econ. Geol. v. 36, № 1, 1941, p. p. 19—44.
- Fruch A. I. Crystallography of Petzite, Ag_3AuTe_2 . The Amer. Min. v. 44, № 7 1959.
- Geines R. V. Luzonit, famatinit and some related minerals. The Amer. Min. v. 42, № 11—12, 1957.
- Harcourt G. H. The distinction between enargite and famatinitite (luzonite). Amer. Min. v. 22, 1936, p. 517.
- Kalb C., Bending M. Erzmikroskopische Untersuchung der Mineralreihe Silberglanz-Kupferglanz. Cbl. Min. 1924, ss. 516—519.

- Lambot H.* Sur la renierite Analyse. Soc. Geol. Belg. t. 73, 1950.
- Levy Cl., Pruvost I.* Rapport entre la chalcoppyrite, la stannite, la renierite et la germanite. Bull. Soc. Frans. de Mineral, et Crystall. f. 80, № 1—3, 1957.
- Morgan I.* Rapport sur les mines de cuivre, de plomb et d'argent d'Achtala (Caucase). Paris, 1886.
- Murdoch I.* X-ray investigation of Colusite, Germanite and Renierite. Amer. Min. v. 38, № 9—10, 1953.
- Onishi H.* Notes on the geochemistry of Germanium. Bull. Chem. Soc. Japan, v. 29, № 6, 1956.
- Ramdohr P.* Die Mineralien im System $\text{CuS—Cu}_2\text{S}$. Zeit. prakt. Geol. 51, 1—12 1943.
- Roy R., Majumelar A., Hulbe C. W.* The Ag_2S and Ag_2Se transitions as geologic thermometers. Econ. Geol. v. 54, № 7, 1959.
- Sclar Ch., B. Geler.* The paragenetic relationships of germanite and renierite from Tsumeb. Econ. Geol. v. 52, № 6, 1957.
- Vaes I. F.* La renierite. Un sulfure germanifere provenant de la Mine Prince Leopold Kipuski (Congo Belge). Ann. Belg. Geol. Bull. 72, 1948.
- Van Hook H. S.* The ternary system $\text{Ag}_2\text{S—Bi}_2\text{S}_3\text{—PbS}$. Econ. Geol. v. 55, № 4, 1960.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Введение</i>	5
<i>Основные черты геологического строения и рудные формации территории Армянской ССР (Магакьян И. Г.)</i>	7
<i>Описание минералов</i>	10
Раздел I. Самородные элементы	12
1. Группа меди	12
Медь самородная—(Зарьян Р. Н.)*	12
Серебро самородное—(Пароникян В. О.)	13
Золото самородное—(Амирян Ш. О.)	16
Электрум—(Амирян Ш. О.)	25
2. Группа свинца	27
Свинец самородный—(Абовян С. Б.)	27
3. Группа железа-платины	28
Железо самородное—(Карапетян А. И.)	28
Аварунт—(Абовян С. Б.)	29
Платина иридийная—(Абовян С. Б.)	30
4. Группа олова	31
Олово самородное—(Абовян С. Б.)	31
5. Группа ртути	32
Ртуть самородная—(Магакьян И. Г.)	32
6. Группа мышьяка	32
Мышьяк самородный—(Пиджян Г. О.)	32
Висмут самородный—(Пиджян Г. О.)	35
Сурьма самородная—(Амирян Ш. О.)	36
7. Группа серы и теллура	37
Сера самородная—(Магакьян И. Г.)	37
Теллур самородный—(Амирян Ш. О.)	38
8. Группа алмаза	39
Алмаз—(Абовян С. Б.)	39
Раздел II. Карбиды, нитриды и фосфиды	41
Муассанит—(Абовян С. Б.)	41

* В скобках—автор описания.

<i>Литература к разделам I и II</i>	44
Раздел III. Арсениды, антимониды, висмутиды	46
Никелин—(Амирян Ш. О.)	46
Лёллингит—(Амирян Ш. О.)	47
Раммельсбергит—(Амирян Ш. О.)	48
Саффорит—(Амирян Ш. О.)	49
Хлоантит—(Амирян Ш. О.)	49
Раздел IV. Сульфиды, сульфосоли и им подобные соединения	51
<i>I класс. Простые сульфиды</i>	51
Аргентит (акантит)—(Пароникян В. О.)	51
Штернбергит—	53
Халькозин—(Хачатурян Э. А.)	53
Хизлевудит—(Абовян С. Б.)	55
Пёнтландит—(Пароникян В. О.)	57
Галенит—(Коджоян А. А., Мкртчян Св. С., Пароникян В. О.)	58
Алабадин—(Карамян К. А.)	66
Сфалерит—(Пароникян В. О.)	68
Гринокит—(Пароникян В. О.)	74
Селенистый метациннабарит (онофрит)—(Магакьян И. Г.)	80
Пирротин—(Карапетян А. И.)	81
Ковеллин—(Хачатурян Э. А.)	82
Киноварь—(Пиджян Г. О.)	84
Миллерит—(Абовян С. Б.)	86
Реальгар—(Пароникян В. О.)	87
Линнеит—(Амирян Ш. О.)	91
Полидимит—(Амирян Ш. О.)	91
Антимонит—(Пароникян В. О.)	92
Висмутин—(Пиджян Г. О.)	96
Аурипигмент—(Пароникян В. О.)	100
Пирит (и мельниковит)—(Зарьян Р. Н., Карамян К. А., Хачатурян Э. А.)	102
Бравоит—(Амирян Ш. О.)	112
Ваэсит—(Амирян Ш. О.)	114
Молибденит—(Карамян К. А., Пиджян Г. О., Фарамазян А. С., Хуршудян Э. Х.)	114
Марказит—(Зарьян Р. Н.)	140
<i>II класс. Сложные сульфиды (сульфосоли)</i>	143
Штрмейерит—(Пароникян В. О.)	144
Кобальтин—(Амирян Ш. О.)	146
Герсдорфит—(Амирян Ш. О.)	148
Арсенопирит—(Амирян Ш. О.)	150
Гудмундит—(Амирян Ш. О.)	155
Пираргирит (?)—(Пароникян В. О.)	155
Блеклые руды—(Пароникян В. О.)	156

(Колусит (?)—(Амирян Ш. О.)	170
Германит—(Карамян К. А., Карапетян А. И.)	171
Реньерит—(Карапетян А. И., Хачатурян Э. А.)	177
Халькопирит—(Хачатурян Э. А., Карамян К. А., Зарьян Р. Н.)	183
Кубанит—(Гольденберг Г. И., Пиджян Г. О.)	200
Станнин—(Магакьян И. Г.)	200
Люцит—(Фарамазян А. С., Хуршудян Э. Х.)	201
Миаргирит—(Пароникян В. О.)	207
Арамайонит(?)—(Пароникян В. О.)	208
Матильдит—(Пароникян В. О.)	209
Геокронит—(Пароникян В. О.)	212
Козалит—(Пароникян В. О.)	215
Энаргит—(Магакьян И. Г.)	218
Фаматинит—(Хачатурян Н. С., Акопян Б. Д.)	223
Эмплектит—(Пиджян Г. О.)	223
Купробисмутит(?)—(Пиджян Г. О.)	226
Зелигманит—(Амирян Ш. О.)	226
Бурнонит—(Пароникян В. О.)	228
Айкинит—(Пароникян В. О.)	233
Бертьерит—(Амирян Ш. О.)	239
Джемсонит—(Амирян Ш. О.)	240
Галенобисмутит—(Пиджян Г. О.)	241
Борнит—(Карапетян А. И.)	242
Идаит—(Хачатурян Н. С., Акопян Б. Д.)	246
Кермезит—(Амирян Ш. О.)	247
Ялпаит—(Пароникян В. О.)	247
Полибазит-пирсеит—(Пароникян В. О.)	248
Стефанит—(Пароникян В. О.)	249
Виттихенит—(Пиджян Г. О.)	250
Буланжерит—(Пароникян В. О.)	253
Семсейит—(Амирян Ш. О.)	258
Цинкенит—(Амирян Ш. О.)	259
Плагионит—(Амирян Ш. О.)	261
Раздел V. Селениды, теллуриды	262
Гессит—(Амирян Ш. О.)	262
Вейсцит—(Амирян Ш. О.)	264
Алтаит—(Хачатурян Э. А.)	266
Колорадоит—(Амирян Ш. О.)	271
Теллуровисмутит—(Магакьян И. Г.)	272
Тетрадимит—(Амирян Ш. О.)	275
Пильзенит (верлит)—(Амирян Ш. О.)	279
Мелонит—(Амирян Ш. О.)	280
Калаверит—(Амирян Ш. О.)	282
Креннерит—(Амирян Ш. О.)	285

Сильванит—(Амирян Ш. О.)		286
Петцит—(Амирян Ш. О.)		289
Эмпрессит—(Амирян Ш. О.)		291
Нагнагит—(Амирян Ш. О.)		292
Риккардит—(Амирян Ш. О.)		294
Волынскийт—(Амирян Ш. О.)		294
<i>Литература к разделам III, IV, V</i>		296

МИНЕРАЛЫ РУДНЫХ ФОРМАЦИЙ АРМЯНСКОЙ ССР

Том I

Редактор издательства *В. Б. Амирханян*
Худ. редактор *Г. Н. Горцакалян*
Тех. редактор *А. И. Манучарян*
Корректор *С. Г. Пирсеев*

ИБ № 585

Сдано в набор 2.08.1983 г. Подписано к печати 7.08.1984 г.
ВФ 09896. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага № 1. Шрифт «Лат.», высок. печать.
Печ. л. 19,25+1 вкл. Усл. печ. л. 17,95, 17,95 кр. от. Учетно-изд л. 17,85.
Тираж 800. Зак. № 630. Изд. № 6112. Цена 2 р. 95 коп.

Издательство АН Арм. ССР, 375019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24 г.
Типография Издательства АН Арм. ССР, 378310, Ереван, г. Эчмиадзин.

25.95

4284